



HAL
open science

L'analogie, les techniques et les savoirs ?

Sophie A de Beaune, Liliane Hilaire-Perez, Koen Vermeir

► **To cite this version:**

Sophie A de Beaune, Liliane Hilaire-Perez, Koen Vermeir. L'analogie, les techniques et les savoirs ? : Approches cognitives et historiques. Sophie A. de Beaune, Liliane Hilaire-Pérez et Koen Vermeir eds. L'analogie dans les techniques, CNRS Éditions, p. 7-56, 2017. halshs-02782128

HAL Id: halshs-02782128

<https://shs.hal.science/halshs-02782128>

Submitted on 11 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Sous la direction de
Sophie A. de Beaune,
Liliane Hilaire-Pérez
et Koen Vermeir

L'ANALOGIE DANS LES TECHNIQUES

CNRS ÉDITIONS

15, rue Malebranche – 75005 Paris

L'analogie, les techniques et les savoirs

Approches cognitives et historiques

Sophie A. DE BEAUNE, Liliane HILAIRE-PÉREZ et Koen VERMEIR

Résumé

Les analogies déterminent notre manière de penser et d'agir. Pour comprendre ce qu'elles sont et comment elles nous définissent en tant qu'être humain, notamment comme *Homo faber*, une enquête historique et cognitive était nécessaire. Cette introduction étudie le concept d'analogie et son histoire en relation avec d'autres concepts clés, comme l'imitation, l'induction et l'abstraction, et son rôle dans différents domaines. Nous examinons aussi l'usage de l'analogie et sa fonction dans le raisonnement technique, les modes de classification, la représentation et surtout dans l'invention. Nous soutenons que l'analogie est déterminante pour penser et agir avec les objets. Comprendre l'analogie s'avère alors fondamental pour l'histoire des savoirs techniques et des pratiques opératoires. Ainsi, ce dialogue entre approches cognitivistes et historiques ouvre de nouvelles perspectives pour l'analyse des techniques en sciences humaines et sociales.

Mots-clés : analogie, raisonnement analogique, imitation, invention, intelligence technique, technologie, sciences humaines et sociales des techniques.

Abstract

Analogies determine our ways of thinking and doing. In order to understand this, as well as the way this defines us as human beings (particularly as Homo faber), a historical and cognitive inquiry is necessary. This introduction studies the concept of analogy and its history in relation with other key concepts, such as imitation, induction, abstraction, and their roles in different domains. We also

examine the usage of analogies and their functions in technical reasoning, modes of classification, representations and especially in invention. We maintain that analogies are crucial for thinking with and handling objects. Understanding analogy, therefore, is fundamental for the history of technical knowledge and operative practices.

As such, this dialogue between cognitive and historical approaches opens up new perspectives for the analysis of techniques in the humanities and social sciences.

Keywords: *Analogy, analogical reasoning, imitation, invention, technical invention, technology, technics in humanities and social sciences.*

Les analogies se manifestent partout. Pour les biologistes et les cognitivistes, l'analogie est au cœur de ce qui nous rend humain. Si les animaux doivent pouvoir reconnaître des similarités et des différences pour leur survie, le chimpanzé est le seul non-humain qui peut, avec beaucoup de difficultés, établir des relations de façon explicite¹, et c'est exclusivement chez l'homme que les compétences analogiques s'exercent spontanément. En effet, l'analogie est liée aux capacités de représentation, de comparaison et d'abstraction constitutives du raisonnement humain. Elle constitue à ce titre une clef de compréhension des sciences, des savoirs techniques et des pratiques opératoires².

1. Dedre GENTNER, Keith J. HOLYOAK et Boicho K. KOKINOV (dir.), *The Analogical Mind. Perspectives from Cognitive Science*, Cambridge, MA, MIT Press, 2001, introduction et chapitre 14.

2. Notre livre analyse surtout les savoirs techniques et les pratiques opératoires parce que les analogies en sciences ont déjà été très étudiées, voir : Marie-José DURAND-RICHARD (dir.), *L'analogie dans la démarche scientifique. Perspective historique*, Paris, L'Harmattan, 2008 ; Fernand HALLYN (dir.), *Metaphor and Analogy in the Sciences*, Dordrecht, Kluwer, 2000 ; John D. NORTH, "Science and analogy", dans M.D. GRMEK, R. S. COHEN et G. CIMINO (dir.), *On Scientific Discovery*, Dordrecht, D. Reidel Publishing Company, 1980, p. 115-140 ; Olivier DARRIGOL, "The analogy between light and sound in the history of optics from the ancient Greeks to Isaac Newton. Part 1", *Centaurus*, vol. 52, n° 2, 2010, p. 117-155 ; Olivier DARRIGOL, "The analogy between light and sound in the history of optics from the ancient Greeks to Isaac Newton. Part 2", *Centaurus*, vol. 52, n° 3, 2010, p. 206-257 ; Mary B. HESSE, *Models and Analogies in Science*, Notre Dame, Indiana, University of Notre Dame Press, 1966 ; Jitse M. VAN DER MEER (dir.), *Focus on Analogy and Mary Hesse in Philosophical*

Cependant, cet universalisme défendu par les cognitivistes ne constitue qu'une approche possible. À l'inverse, les historiens proposent une approche pluraliste. Ils mettent l'accent sur la multiplicité des significations, des usages et des valeurs de l'analogie. Dans ce volume, ils étudient ainsi le rôle des analogies dans la pensée technique, en portant une attention continue aux spécificités culturelles, contextuelles, et temporelles.

Entre les cognitivistes qui perçoivent les similarités dans les usages de l'analogie, et les historiens qui soulignent les différences, deux tendances existent donc. Dans ce livre, nous ouvrons un espace de confrontation et de rapprochement entre ces logiques, mettant au jour les différentes visions aussi bien que les chevauchements et les interactions. Il s'agit de repenser la manière d'analyser l'universalité et la spécificité de l'analogie dans les techniques.

Le raisonnement par analogie

Alors qu'il y a quelque chose de statique dans la comparaison, l'établissement d'une analogie est toujours le point de départ d'un certain mouvement de pensée, que les cognitivistes ont l'habitude d'appeler le « raisonnement par analogie ». Voici ce dont il s'agit. L'analogie que je pose rapproche deux relations, soit la relation entre deux objets (de pensée) A et B d'une part, et la relation entre deux objets (de pensée) C et D d'autre part. Ce que j'exprimerai en disant que :

D est à C comme B est à A

En général, A et B me sont déjà familiers, et la relation qu'ils ont entre eux m'est connue. De C et D en revanche, C tout au plus m'est familier. Mais dès lors que j'ai été en mesure de poser mon analogie, c'est-à-dire dès lors qu'il m'est apparu que « D est à C comme B est à A », alors D commence à son tour à entrer dans mon champ de familiarité. Et même si C lui non plus ne m'était pas familier, à partir du moment où je l'ai fait entrer avec D dans une relation analogue à

Inquiries, 2015, vol. 3 ; *L'Analogie*, numéro spécial de *la Revue internationale de philosophie*, 1969, vol. 23.

celle, déjà bien connue de moi, qui existe entre A et B, il me devient plus familier, et D avec lui par la même occasion. C et D peuvent appartenir à un domaine de la connaissance très éloigné de celui auquel appartenait A et B, mais la relation qu'ils ont entre eux, et plus encore la relation que j'établis entre elle et celle que A et B ont entre eux, relèvent de l'entendement et transcendent comme telles les différents domaines de connaissance auxquels chacune d'entre elles est susceptible de s'appliquer.

Ce mouvement de pensée, qui, partant d'objets déjà connus, me permet d'étendre ma connaissance à de nouveaux objets dont je découvre que, bien qu'ils me soient plus ou moins inconnus, ils ont entre eux une relation qui ne me l'est pas, s'appelle le raisonnement par analogie. Autrement dit, le raisonnement par analogie utilise l'analogie pour risquer des informations sur des objets jusque-là inconnus ou mal connus. Ces nouveaux objets peuvent appartenir à un domaine de la connaissance très éloigné de ce dont je suis parti, et être d'une nature totalement différente.

En fait, nous faisons constamment de tels raisonnements et ils sont si automatiques que nous en avons à peine conscience. Ce que nos maîtres d'école appelaient la règle de trois n'est jamais qu'un raisonnement par analogie : calculer le prix de six pommes connaissant celui de sept pommes, c'est utiliser le fait que le prix que je cherche est à celui que je connais comme 6 est à 7. Ce qui m'était inconnu (le prix de six pommes) me devient connu parce qu'il entretient une relation familière avec le prix, déjà connu, de sept pommes. Les relations en jeu sont ici des rapports de nombres et la relation que j'établis entre elles est toute simple puisqu'il s'agit de l'égalité : « D est à C comme B est à A » est ici de la forme : $D/C = 6/7$. Platon, qui ne considérait pas comme indigne d'appliquer sa réflexion à ce genre de relation, qu'à l'école on appelle « proportion », lui donnait précisément le nom d'analogia. Les raisonnements par analogie dont il est question dans cet ouvrage ne sont pas tous aussi simples que la règle de trois (si tant est que nous l'ayons trouvée simple quand nous étions à l'école), mais les mouvements de pensée parfois fort complexes qu'ils mettent en œuvre gardent avec elle une certaine analogie...

Pour utiliser le langage des cognitivistes, l'analogie « apparaît donc comme une stratégie cognitive utilisée pour générer de nouvelles règles qui sont appliquées à un domaine cible, nouveau. Cette génération de

règles se fait en transférant sur la cible des connaissances d'un domaine de base, mieux compris que ne l'est le domaine cible³ ». Ce vocabulaire met bien en évidence le caractère intentionnel du raisonnement par analogie, même si ce type de raisonnement peut parfois être quasi-automatique comme le rappellent ici Anh Nguyen-Xuan et Charles Tijus. Dans leur article, ils présentent la théorie des « schémas » de David E. Rumelhart pour mieux comprendre l'analogie. Selon cette théorie, toute connaissance ou savoir est stocké en mémoire sous forme d'unités structurées – les schémas – qui contiennent les clefs de compréhension permettant d'utiliser ce savoir. Cette théorie aide les auteurs à décrire les processus en jeu dans l'apprentissage par analogie : résoudre un problème par analogie consiste à activer un schéma qu'on possède en mémoire. C'est pourquoi il y a surtout un transfert entre problème source et cible lorsque les deux problèmes sont codés en termes de schémas appariables. C'est aussi pourquoi le raisonnement par analogie est d'autant plus fécond que les connaissances et les schémas de l'individu sont riches.

Les auteurs font référence à Keith Holyoak qui a tout particulièrement développé l'étude du transfert analogique dans le cadre de la résolution de problèmes. Pour Holyoak, ce transfert inclut trois types de processus essentiels : l'accès aux informations anciennes et perçues comme analogues ; le transfert de propriétés ; l'évaluation après transfert. Ce transfert permet ainsi d'émettre des prédictions à partir de connaissances ou d'expériences antérieures et apparaît finalement comme étant une sorte d'induction.

Selon les cas, il se fera à la faveur d'une intuition immédiate, ou commencera par un balayage rapide des structures disponibles qui, une fois la recherche d'informations en mémoire à long terme déclenchée, guidera le sujet vers le recouvrement de telle connaissance source plutôt que telle autre, afin de l'utiliser alors comme référence pour traiter la situation actuelle. Ce qui suppose la capacité à réactiver des structures conceptuelles parfois anciennes, mais aussi la possession d'outils cognitifs comme l'abstraction et la généralisation⁴. Dans

3. Marie-Dominique GINESTE, *Analogie et cognition*, Paris, Presses Universitaires de France, 1997, p. 65.

4. Dedre GENTNER, "Structure mapping: A theoretical framework for analogy", *Cognitive Science*, 7, 1983, p. 155-170 ; Keith J. HOLYOAK, "The pragmatics of analogical

cette première phase, l'analogie peut aussi être comprise, non comme un raisonnement mais comme une perception – une hypothèse soutenue par le psychologue Albert Michotte, comme le montre Sigrud Leyssen dans ce volume, et plus tard développée par des cognitivistes comme Douglas R. Hofstadter⁵.

Une fois traitée la situation nouvelle, perçue comme analogue à une situation déjà connue, une nouvelle composante intervient, celle de l'apprentissage : les nouveaux problèmes avec leurs solutions sont stockés dans la mémoire et joueront, plus tard, si nécessaire, le rôle de situations sources analogues à partir desquelles on tirera des inférences pour de nouvelles solutions⁶. Par ailleurs, pour que le transfert analogique puisse produire du nouveau, il faut qu'intervienne une projection mentale de l'invention avant son exécution, ce que Boirel a appelé en son temps une « intentionnalité prospectante⁷ » ou ce que Simondon appelle « un conditionnement du présent par l'avenir, par ce qui n'est pas encore » ; et ce « conditionnement renversé dans le temps » ne peut se faire sans une pensée capable de prévision et d'imagination créatrice, capable de projeter du virtuel dans le réel⁸.

Le rôle de l'analogie est fondamental dans l'acquisition des connaissances. Ainsi, on utilisera des analogies pour expliquer l'arithmétique aux enfants, en remplaçant les chiffres et les nombres par des sacs de billes ou des pas décomptés (il nous en est resté quelque chose, comme

transfer”, dans Gordon H. BOWER (dir.), *The psychology of learning and motivation*, New York, Academic Press, 1985, vol. 19, p. 59-87. Thierry RIPOLL et David COULON, « Le raisonnement par analogie : Une analyse descriptive et critique des modèles du mapping », *Année Psychologique*, vol. 101, n° 2, 2001, p. 289-323.

5. David J. CHALMERS, Robert M. FRENCH et Douglas R. HOFSTADTER, “High-level perception, representation, and analogy: A critique of artificial intelligence methodology”, *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, vol. 4, n° 3, 1992, p. 185-211. Clayton T. MORRISON et Eric DIETRICH, “Structure-Mapping vs. High-level Perception: The Mistaken Fight Over The Explanation of Analogy”, 1995.

6. Keith J. HOLYOAK et Paul R. THAGARD, “Analogical mapping by constraint satisfaction”, *Cognitive Science*, 13, 1989, p. 295-355 ; Patricia W. CHENG et Keith J. HOLYOAK., “Pragmatic in reasoning schemas”, *Cognitive Psychology*, 17, 1986, p. 391-416.

7. René BOIREL, *Théorie générale de l'invention*, Paris, Presses Universitaires de France, 1961, p. 311.

8. Gilbert SIMONDON, *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 1989 [1958], p. 57.

on l'a vu plus haut). Mais l'analogie est tout aussi utile pour produire des connaissances nouvelles, à condition de trouver la bonne analogie ! Descartes avait cru pouvoir poser une analogie entre l'action de l'aimant et les actions mécaniques dont on commençait à avoir une bonne connaissance. L'idée est restée inféconde : l'analogie n'était pas la bonne. Mais il y a bien, à un niveau d'abstraction beaucoup plus grand, une analogie féconde à faire entre le champ de gravitation créé par une masse et le champ magnétique créé par un aimant, ou plus exactement entre les modèles mathématiques susceptibles de représenter l'un et l'autre. Dans chaque cas, on associera un vecteur à chaque point de l'espace. La science progresse en utilisant l'analogie, mais le progrès consiste parfois à percevoir comme trompeuses des analogies qui avaient d'abord paru naturelles.

Qu'il s'agisse de l'enfant ou de l'adulte, de l'expert ou du novice, la détection, par celui qui apprend (ou qui invente), de ressemblances entre domaines conceptuels différents, et la capacité à manipuler des représentations anciennes, sont fondamentales. Il s'est avéré que le transfert intra-domaine est utile dans l'acquisition de l'expertise, mais le transfert inter-domaine est le plus fécond pour la résolution de problème et pour l'acquisition des connaissances, comme le soulignent Anh Nguyen-Xuan et Charles Tijus. La mise en œuvre de la stratégie de l'analogie peut être assez facilement synthétisée : lorsque l'homme se trouve face à une situation nouvelle ou à un problème nouveau, il va chercher dans son expérience passée un problème ou une situation comparable auquel il avait su faire face. C'est donc une stratégie qui suppose deux types de représentations mentales : d'une part celles qui sont stockées dans la mémoire à long terme, d'autre part des représentations « transitoires », c'est-à-dire les représentations mobilisées au cours du traitement d'une information, et qui sont stockées dans ce qu'on appelle la mémoire de travail⁹.

On voit alors que le repérage des ressemblances dans des domaines distincts est sous la dépendance conjointe de l'amplitude des connaissances de celui qui apprend et de ses activités d'abstraction et de généralisation. Il va de soi qu'il existe des différences d'aptitude selon que l'individu est un « expert » qui a déjà été confronté à un

9. Marie-Dominique GINESTE, *op. cit.*, 1997.

problème de même type et qui possède des connaissances structurées stabilisées dans la mémoire à long terme ou bien un « novice », confronté à un problème pour la première fois, qui aura plus de mal à trouver la bonne solution à partir de l'examen de situations analogues antérieures qu'il puisse rapporter à la situation à laquelle il doit faire face. On peut s'attendre à ce que l'analogie ne joue donc pas le même rôle dans la vie courante que chez les experts et dans les sciences. Des chercheurs comme Kevin Dunbar ont étudié l'usage des analogies chez les scientifiques. Les chercheurs se servaient spontanément d'analogie surtout dans le but de formuler des théories, de concevoir des expériences ou d'expliquer et d'enseigner¹⁰.

Plusieurs articles dans ce volume suggèrent la pertinence de ces réflexions cognitivistes dans le monde de la recherche, en particulier dans les simulations informatiques, ainsi le Raisonnement à Partir de Cas (RàPC) et la théorie TRIZ (acronyme du nom russe Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch ou « Théorie de la résolution des problèmes inventifs ») – bien que pour autant « il n'existe pas (ou pas encore) d'approche algorithmique générale de l'adaptation qui fasse l'unanimité », souligne Jean Lieber dans notre ouvrage. La tentative de systématiser, de mécaniser les analogies, est ancienne. Elle a aussi été tentée dans les expériences de psychologie expérimentale d'Albert Michotte au début du XX^e siècle (Sigrid Leyssen). Dans son chapitre, Lieber développe les fondements et les atouts du Raisonnement à Partir de Cas alors que François Rousselot et ses collègues proposent une analyse comparée des deux méthodes, soulignant leurs différences. Le RàPC repose sur le principe du raisonnement par analogie : si deux problèmes sont analogues alors, les solutions associées pour les résoudre peuvent être également analogues, mais contrairement au raisonnement par analogie « classique », les cas « source » et « cible » appartiennent au même domaine. La théorie TRIZ, inventée par l'ingénieur russe Genrich Altshuller à partir de l'analyse de centaines de brevets d'invention considérés comme les plus « inventifs », avait pour but de dégager des lois d'évolution des artefacts afin d'optimiser la conception inventive. Pour ce faire, la TRIZ – toujours enseignée – propose de rechercher de

10. Kevin DUNBAR, "How scientists really reason : Scientific reasoning in real-world laboratories", dans Robert J. STERNBERG et Janet E. DAVIDSON (dir.), *Mechanisms of Insight*, Cambridge, MA, MIT Press, 1995, p. 365-395.

façon systématique la solution à un problème donné dans d'autres domaines, par analogie. Il s'agit de faire émerger un « concept de solution », c'est-à-dire une solution indépendante d'un domaine particulier. On comprend pourquoi cette théorie séduit de plus en plus d'industriels et intéresse les communautés scientifiques. Les auteurs comparent ici ces deux méthodes, qui toutes deux ont à voir avec le raisonnement par analogie, montrant qu'elles ne sont pas complémentaires et que chaque approche affaiblit l'autre si l'une des deux est appliquée en dominant l'autre.

L'analogie implique une aptitude à la catégorisation, à la schématisation et à l'abstraction. Effectivement, la TRIZ par exemple n'est pas seulement une méthodologie de l'invention, mais peut aussi être utilisée comme une méthode de classification. Pour faire ou reconnaître une analogie, il faut effectuer mentalement une abstraction sur deux objets de pensée, afin d'en extraire des propriétés communes. Abstraction a bien ici son sens étymologique : « tirer de ». D'une situation présentant différents caractères, on « tire » des traits que l'on met en relation et l'on rapproche cette relation d'une relation entre des traits « tirés » d'une tout autre situation. Mais il faut auparavant que l'on ait schématisé, c'est-à-dire, que l'on ait isolé, dans la confusion du réel, des caractères dont on a senti qu'ils pourraient être pertinents. Dans son article sur Albert Michotte, Leyssen rappelle l'enjeu d'une telle conception de l'abstraction au début du XX^e siècle. À l'Institut Supérieur de Philosophie de Louvain, le fondateur, Désiré Mercier l'invoque comme argument « au milieu d'une réfutation de la théorie positiviste », revendiquant « l'objectivité de nos notions abstraites ». L'analogie servirait de « passerelle entre la perception et la raison ». C'est du moins le sens que l'on pouvait lui donner en philosophie dans ce contexte spécifique, rappelle l'auteure. Il en allait un peu différemment pour les usages scientifiques, l'analogie étant alors simplement justifiée par « le caractère incomplet et provisoire de nos connaissances ». Cet exemple montre la spécificité historique et contextuelle des significations des termes épistémiques, comme abstraction et généralisation, ce qui vaut aussi pour l'analogie¹¹.

11. Karine CHEMLA, Renaud CHORLAY et David RABOUIN (dir.), *The Oxford Handbook of Generality in Mathematics and the Sciences*, Oxford, Oxford University Press, 2016.

La signification du mot analogie varie donc beaucoup : le mot peut signifier une aptitude générale mais il peut aussi être un concept technique, par exemple en études cognitives. Il est vrai que l'analogie est le support de nombreuses activités cognitives automatiques. C'est le thème central de l'ouvrage de Douglas Hofstadter et Emmanuel Sander qui s'emploient à montrer que l'analogie constitue le moteur même de la pensée et régit l'ensemble de nos activités, des plus banales aux plus sophistiquées¹². Mais il est vrai qu'ils donnent une définition si large de la pensée analogique qu'elle serait au cœur de tous les mécanismes de catégorisation à l'œuvre dans notre esprit à chaque instant. Du reste, ils considèrent que l'analogie de rapport que nous avons expliquée ci-dessus n'est qu'un type particulier d'analogie (qu'ils appellent « proportionnelle ») aussi la jugent-ils restrictive. Les cognitivistes ont ainsi proposé plusieurs définitions de l'analogie, certaines plus strictes, d'autres plus techniques, en fonction du contexte et du but de leur théorie. Pour mieux comprendre la flexibilité et la variabilité du concept d'analogie, il convient d'étudier son histoire (y compris son histoire en études cognitives et psychologiques).

Historiciser l'analogie : l'analogie, concept technique dans la pensée antique et médiévale

L'approche unifiante de l'analogie par les cognitivistes, et en particulier la définition « universalisante » de Hofstadter et Sander contraste avec la variété des sens et des usages en histoire¹³. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, l'analogie n'a pas d'abord fait référence à un raisonnement. Aristote par exemple, emploie le terme *analogia* sans avoir écrit sur le raisonnement analogique¹⁴. Le Stagirite et ses inter-

12. Douglas HOFSTADTER et Emmanuel SANDER, *L'analogie, cœur de la pensée*, Paris, Odile Jacob, 2013.

13. Douglas R. HOFSTADTER, "Analogy as the core of cognition", dans Dedre GENTNER, Keith J. HOLYOAK et Boicho K. KOKINOV (dir.), *The Analogical Mind. Perspectives from Cognitive Science*, Cambridge, MA, MIT Press, 2001, p. 499-538.

14. Aristote identifie deux types d'argument, celui par l'exemple (*paradeigma*) et celui par la ressemblance (*homoiototes*), liés à ce que nous appellerions un argument analogique.

prètes médiévaux se réfèrent à l'analogie non pas comme constitutive de l'épistémologie mais de la sémantique, de la rhétorique, de la métaphysique, et plus tard, de la théologie¹⁵. Ceci suggère la spécificité historique et la nécessaire contextualisation du sens de l'analogie.

L'enquête historique révèle que l'analogie s'est d'abord présentée comme un concept de portée limitée et technique en mathématiques et dans les arts. L'analogie vient du grec *analogia* qui désigne une identité des relations entre des nombres. Le mot était utilisé initialement dans la théorie pythagoricienne de la musique (Archytas) et dans les mathématiques. L'analogie, par la suite, a aussi qualifié la similarité de relations dans d'autres domaines¹⁶. Aristote explicite le concept pour la poésie et la rhétorique, distinguant la forme la plus importante de métaphore comme « métaphore par analogie¹⁷ ». Ce type de métaphore « est possible dès qu'il y a quatre termes reliés de telle sorte que le deuxième (B) est au premier (A) ce que la quatrième (D) est au troisième (C) ; car on peut ainsi métaphoriquement mettre B au lieu de D, et D au lieu de B ». Il donne l'exemple de la vieillesse (D) et de la vie (C) comme le soir (B) et la journée (A), de telle manière que le poète peut appeler le soir « la vieillesse du jour » (D + A) et la vieillesse « le soir de la vie » (B + C)¹⁸. Cette perception intuitive de la ressemblance dans les différences est devenue centrale dans l'analogie.

Aujourd'hui, on comprend souvent la métaphore dans le sens spécifique de la « métaphore par analogie » d'Aristote. D'après le *Trésor de la langue française*, la métaphore est, dans son acception la plus courante, une « figure d'expression par laquelle on désigne une entité conceptuelle au moyen d'un terme qui, en langue, en signifie une autre en vertu d'une analogie entre les deux entités rapprochées et finalement fondues ». Même si on emploie souvent indifféremment analogie

15. Philippe HUNEMAN, « La conception aristotélicienne de l'analogie », dans Marie-José DURAND-RICHARD (dir.), *op. cit.*, 2008, p. 30-60.

16. Árpád SZABÓ, *The Beginnings of Greek Mathematics*, Dordrecht, Springer, 1978, p. 165-7 ; Carl HUFFMAN, *Archytas of Tarentum : Pythagorean, Philosopher and Mathematician King*, Cambridge, Cambridge University Press, 2010, p.179-81.

17. Samuel R LEVIN, « Aristotle's Theory of Metaphor », *Philosophy & Rhetoric*, vol. 15, n° 1, 1982, p. 24-46.

18. Voir ARISTOTE, *Poétique*, 1457b.7 et 1459a5-7; voir aussi *Rhétorique* III, II.

et métaphore¹⁹, ils ne sont pas équivalents. La métaphore est un type d'image qui se différencie de la comparaison par l'absence d'outil de rapprochement (l'homme est un loup) : « La métaphore est la substitution identitaire par excellence, puisqu'elle affirme que A est B²⁰ ». Sa spécificité tient au fait qu'elle produit d'innombrables rapprochements de sens et d'images. L'analogie apparaît plus complexe que la métaphore puisqu'elle consiste à dire que la relation entre A et B *est semblable* à la relation entre C et D. La métaphore est une figure de style, une image fondée sur l'analogie ou la substitution. Ainsi, si la métaphore mobilise l'analogie, elle n'en est pas l'équivalent. Même si l'analogie et la métaphore font appel aux mêmes aptitudes cognitives, elles ne se situent pas au même plan : l'analogie est une aptitude cognitive qui est mobilisée dans la métaphore, laquelle est un fait de langage.

Mais, d'un point de vue historique, l'analogie était plus proche d'une figure de style que d'un raisonnement, et l'on trouve le mot d'abord dans des contextes linguistiques et rhétoriques. Inspirés par les mathématiques, par exemple, les grammairiens antiques développent une théorie des proportions pour découvrir les formes morphologiques des mots. Ainsi, *analogia* devient un concept technique, c'est un critère de base en grammaire ancienne²¹. Ce concept est technique aussi parce qu'il appartient à l'art (*technè*) de la grammaire²². En latin, on traduit communément l'analogie mathématique comme « proportion », mais les grammairiens gardent la version latinisée du mot grec, c'est-à-dire « *analogia* », pour la signification technique d'analogie en grammaire. Quintilien par exemple, dans son manuel de rhétorique,

19. À l'instar de Jean-Claude Passeron, pour qui la figure de style qu'est la métaphore est un cas particulier d'analogie (Jean-Claude PASSERON, « Analogie, connaissance et poésie », *Revue européenne des Sciences sociales*, XXXVIII (117), 2000, p. 13-33 (p. 15)).

20. Patrick BACRY, *Les figures de style et autres procédés stylistiques*, Paris, Belin, 1992, p. 288.

21. Francesca SCHIRONI, "ΑΝΑΛΟΓΙΑ, analogia, proportio, ratio : loanwords, calques, and reinterpretations of a Greek technical word", dans Louis BASSET, Frédérique BIVILLE, Bernard COLOMBAT, Pierre SWIGGERS et Alfons WOUTERS (dir.), *Bilinguisme et terminologie grammaticale gréco-latine*, Leuven, Peeters, 2007, vol. 27, p. 321-338.

22. La première grammaire grecque est *L'art de la grammaire* (Τέχνη γραμματική / Τέχνη γραμματικῆ). En latin, *De arte grammatica* de Martianus. L'analogie est débattue dans ces œuvres comme une technique grammaticale.

emploi « *analogia* » pour désigner la méthode pour trouver des règles de grammaire²³. Il use encore d'une autre forme du mot analogie plus loin dans le texte. Il recourt à la forme grecque *αναλογία*, dans l'alphabet grec. Cet emploi est alors inhabituel en latin ainsi que cette graphie. Quintilien met ainsi en exergue les racines et la signification grecques du concept. Dans ce cas, l'analogie est un argument en rhétorique. Quintilien la comprend comme une sorte de comparaison, ayant une fonction similaire à un exemple, car elle fournit une illustration concrète de ce que l'on veut dire²⁴. Nous pouvons donc identifier trois types d'analogie chez Quintilien (« proportion », « *analogia* » et « *αναλογία* »).

Il convient de souligner que lorsque l'analogie se réfère à un argument, en latin comme en grec, il ne s'agit pas d'épistémologie mais de rhétorique. Pour Aristote, une analogie rhétorique est un enthymème (en grec *ἐνθύμημα*, *enthymēma*), utilisé dans la pratique oratoire²⁵. Il s'agit d'être simple et bref, parce que c'est la manière la plus effective de convaincre. Ici, l'analogie facilite le transfert de connaissance et c'est dans ce sens qu'elle est reliée historiquement à l'« invention ». En effet, l'*inventio* signifie originellement la méthode pour produire des arguments rhétoriques, pour trouver les meilleurs moyens de persuasion²⁶. L'analogie est donc centrale dans l'invention rhétorique et dans l'art (*technè*) de la rhétorique en général.

Le concept d'analogie n'a pas seulement été utilisé en grammaire ; il a migré des mathématiques vers la métaphysique et la théologie. Quoique Platon ait utilisé le mot « *analogia* » seulement quelquefois, et presque toujours dans le sens strict d'une proportion mathématique, son œuvre est truffée de ce que nous appellerions des arguments analogiques et des allégories²⁷. Les interprètes néoplatoniciens ont présenté les éléments clefs de la philosophie platonicienne explicite-

23. MARCUS FABIVS QUINTILIANUS, *Institutio Oratoria*, I.6.3-26.

24. MARCUS FABIVS QUINTILIANUS, *Institutio Oratoria*, V.11.34-35.

25. ARISTOTE, *Rhétorique* II.XXIII [1399a].

26. Ellen QUANDAHL, "Aristotle's rhetoric: Reinterpreting invention", *Rhetoric Review*, vol. 4, n° 2, 1986, p. 128-137.

27. Pour une discussion de l'usage de l'analogie dans la pensée grecque classique, voir G. E. R. LLOYD, *Polarity and analogy. Two Types of Argumentation in Early Greek Thought*, Cambridge, Cambridge University Press, 1966.

ment en termes d'« *analogia* ». Pour eux, le monde est mathématique et il est naturel d'utiliser « *analogia* » aussi en métaphysique et en théologie. Pour Proclus, par exemple, le cosmos est une émanation de l'Un, qui se déploie en différentes strates de réalité qui sont toutes apparentées analogiquement. Par l'application de la méthode de l'analogie au monde connu, il était possible de remonter jusqu'aux réalités supérieures, illuminant les vérités métaphysiques²⁸. Chaque niveau inférieur du cosmos reflétait ceux supérieurs de l'Être, ce qu'on appelait l'« analogie de participation ».

Tous ces modes de pensée se mêlent dans la compréhension occidentale de l'analogie²⁹, et plusieurs sortes d'analogie ont été distinguées, telles que « l'analogie de proportion » (grammaire, mathématique), « l'analogie d'attribution » (sémantique) et « l'analogie de participation » (théologie et métaphysique). Avec l'adaptation de l'analogie au contexte chrétien, celle-ci devint une voie importante de l'exégèse biblique. Elle sert, selon Thomas d'Aquin, à montrer que les Écritures ne se contredisent pas. Par ailleurs, en métaphysique et en théologie, l'analogie facilitait le transfert de connaissances du connu vers l'inconnu, surtout vers les propriétés divines. Ses implications théologiques soulignent que les analogies n'étaient pas des exercices heuristiques sans engagement, mais révélaient des vérités cachées. Parce que toutes les créatures participent à l'Être Divin, l'analogie ontologique montre, mieux, incarne la vraie relation entre les choses. De même, l'intelligence technique a pu se développer parce qu'elle participe analogiquement dans la créativité de l'Artisan Divin.

Il est intéressant de constater la pérennité de ces significations antiques et médiévales. Dans ce volume, Sigrid Leyssen montre la perpétuation de la tradition médiévale, surtout chez Thomas d'Aquin, y compris dans les sciences. Une attention à l'analogie comme catégorie

28. PROCLUS, *Éléments de théologie*, Prop. 18.

29. Pour les analogies pendant l'époque médiévale, voir Battista MONDIN, *The Principle of Analogy in Protestant and Catholic Theology*, The Hague, Springer, 1963 ; Joël LONFAT, « Archéologie de la notion d'analogie d'Aristote à Saint Thomas d'Aquin », *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du Moyen Âge*, vol. 71, n° 1, 2004, p. 35 ; Alain DE LIBERA, « Les sources Gréco-Arabs de la théorie médiévale de l'analogie de l'être », *Les Études philosophiques*, n° 314, 1989, p. 319-345 ; Jean-François COURTINE, *Inventio analogiae : métaphysique et ontothéologie*, Paris, Vrin, 2005 ; E. Jennifer ASHWORTH, *Les théories de l'analogie du XII^e au XVI^e siècle*, Paris, Vrin, 2008.

des acteurs suggère ainsi que la définition scolastique domine la compréhension et la théorisation de ce concept en plein XX^e siècle et au-delà. Dans le chapitre sur Gottfried Semper, Estelle Thibault explique que pour l'architecte et théoricien des arts du XIX^e siècle, l'analogie est une figure de la grammaire et participe de la théorie du langage, comme pour les auteurs classiques. Dans l'introduction de son œuvre célèbre, *Der Stil*, Semper établit une analogie entre l'évolution des mots et celle des arts³⁰. Parce que l'analogie est la méthode clef en grammaire et en étymologie, elle peut être transposée à la théorie des arts, ce qui légitime son propre usage de l'analogie. De nouvelles analogies entre les arts sont donc construites par analogie avec les analogies en linguistique, qui sont le modèle de référence. Alexander Neuwahl et Davide Russo, traitant de la reconstruction de machines anciennes, ont eux-mêmes recours aux analogies grammaticales.

L'analogie comme représentation et les représentations de l'analogie

Ces acceptions de l'analogie comme terme technique ne recouvrent pas la richesse complète de ces usages dans l'histoire et l'étude de l'analogie soulève des questions historiographiques complexes³¹. D'importants changements ont eu lieu dans les interprétations historiques de ce concept. L'apport de Michel Foucault a marqué la réflexion en considérant que la pensée dans l'Europe moderne se caractérise par le goût des analogies. Foucault se situe cependant à un niveau de généralité, et ses considérations sur l'*epistèmè* de la Renaissance ont suscité des critiques d'historiens³².

30. Gottfried SEMPER, *Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten, oder Praktische Aesthetik. Ein Handbuch für Techniker, Künstler und Kunstfreunde*, Frankfurt am Main, Verlag für Kunst und Wissenschaft, vol. 1, 1878, p. 1.

31. La méthode de Gingras et Guay, bien qu'intéressante, ne semble pas assez fiable pour une recherche élargie. Yves GINGRAS et Alexandre GUAY, "The uses of analogies in seventeenth and eighteenth century science", *Perspectives on Science*, vol. 19, n° 2, 2011, p. 154-191.

32. Ian MACLEAN, "Foucault's Renaissance Episteme Reassessed: An Aristotelian Counterblast", *Journal of the History of Ideas*, vol. 59, n° 1, 1998, p. 149-166.

Les similitudes cosmologiques qui intéressent Foucault trouvent entre autres leur origine et légitimation dans « l'analogie de participation » des néoplatoniciens et leurs interprètes. Pour eux, les proportions mathématiques sont cruciales dans la construction du cosmos et l'analogie devient une manière de comprendre les harmonies entre différents niveaux de la réalité. L'analogie n'est pas un outil heuristique, mais fait partie de l'ontologie et les controverses sur la « bonne analogie » sont des débats graves sur la réalité du monde et des dieux. L'idée de participation, d'une connexion ontologique, attribue une réalité à l'analogie et lui donne un pouvoir considérable (une sensibilité qui joue toujours).

Ainsi, l'étude de la controverse entre Johannes Kepler (1571-1630) et Robert Fludd (1574-1637) par exemple passe par une analyse circonstanciée du sens de l'analogie. Leur opposition a nourri une perception historiographique clivée de Kepler comme savant et de Fludd comme occultiste³³. Kepler pense que les analogies géométriques donnent des indications métaphysiques sur le monde matériel. Il suggère ainsi que cinq solides représentent les relations harmonieuses du système planétaire en raison d'une analogie de proportion (Fig. 1a). De même, Fludd présente un instrument de musique, le monocorde comme une analogie du cosmos, car leurs harmonies sont analogues (Fig. 1b). Ces analogies cosmiques donnent lieu à des considérations étendues chez chaque auteur. Fludd conçoit une analogie entre microcosme et macrocosme, et Kepler comprend le cosmos en analogie avec le corps humain dont le cœur est le Soleil et le foie, la Terre³⁴. Malgré

33. Brian VICKERS, "Analogy versus Identity: The rejection of occult symbolism, 1580-1680", dans Brian VICKERS (dir.), *Occult and Scientific Mentalities in the Renaissance*, Cambridge, Cambridge University Press, 1984, p. 95-163 ; S. TAMBIAH, "Relations of analogy and identity: Toward multiple orientations to the world", dans D. OLSON et N. TORRANCE (dir.), *Modes of Thought: Explorations in Culture and Cognition*, Cambridge, Cambridge University Press, 1996, p. 34-52. Gérard SIMON, "Analogies and metaphors in Kepler", dans Fernand HALLYN (dir.), *Metaphor and Analogy in the Sciences*, Dordrecht, Kluwer, 2000, p. 71-82. Dedre GENTNER et Michael JEZIORSKI, "The shift from metaphor to analogy in Western science", dans A. ORTONY (dir.), *Metaphor and Thought*, Cambridge, Cambridge University Press, 1993, p. 447-480.

34. Patrick J. BONER, "Kepler's living cosmology: Bridging the celestial and terrestrial realms", *Centaurus*, vol. 48, n° 1, 2006, p. 32-39. Pour les analogies cosmo-magnétiques de Kepler, voir Fritz KRAFFT, "Vom Segen und Fluch einer Analogie – Johannes

ces ressemblances, Fludd accuse Kepler de ne pas comprendre les liaisons entre microcosme et macrocosme. Contre lui, Kepler revendique que ses analogies sont fondées sur les vraies proportions mathématiques et il accuse Fludd de jouer seulement avec de « simples symboles »³⁵. Ici, Kepler contraste l'analogie poétique et rhétorique avec l'analogie philosophique et mathématique, et attribue une réalité seulement aux dernières³⁶. Dans cette controverse, la « réalité ontologique » de l'analogie devient très contestée, et les différents sens du concept sont mis en opposition. Cet exemple montre qu'une étude détaillée des textes et contextes concrets est importante pour comprendre l'analogie et ses enjeux historiques.

Peu après cette controverse, Descartes évite d'employer le mot analogie qui apparaît comme trop marqué par la scolastique, et il lui préfère le terme plus général de comparaison³⁷. Cependant, sa philosophie naturelle repose sur une analogie entre les phénomènes naturels et les machines. Descartes a recours à l'analogie dans un sens différent de Kepler ou Fludd, probablement plus proche de nous, alors que les Cartésiens qui l'ont suivi ont utilisé des démonstrations analogiques difficiles à saisir³⁸. Un examen de l'usage de l'analogie montre qu'il n'existe pas de distinctions évidentes entre les analogies « pré-modernes » et « modernes », « scientifiques » et « pseudo-scientifiques ».

Keplers kosmischer Magnetismus”, dans Klaus HENTSCHEL (dir.), *Analogien in Naturwissenschaften, Medizin und Technik*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 2010, p. 171-193.

35. Geoffrey LLOYD, *Analogical Investigations. Historical and Cross-cultural Perspectives on Human Reasoning*, Cambridge, Cambridge University Press, 2015, p. 70-72.

36. Johannes KEPLER, *Harmonices Mundi Libri V*, Frankfort, G. Tampach, 1619, p. 253 : “Primum quas ille harmonias docere intendit, eae sunt meri Symbolismi, de quibus idem dico, quod de symbolismis Ptolemaei, poëticos potius esse aut oratorios, quam philosophicos aut mathematicos”. Plus loin, Kepler discute l'*analogia* en détail. Voir aussi Mersenne, qui répète la critique de Kepler, Marin MERSENNE, *Quaestiones celeberrimae in genesim*, Paris, S. Cramoisy, 1623, col. 1556.

37. Katharine PARK, Lorraine DASTON et Peter GALISON, “Bacon, Galileo, and Descartes on imagination and analogy”, *Isis*, vol. 75, n° 2, 1984, p. 287-289 ; Gideon MANNING, “Analogy”, dans Lawrence NOLAN (dir.), *The Cambridge Descartes Lexicon*, Cambridge, Cambridge University Press, 2016.

38. Koen VERMEIR, “The magic of the magic lantern (1660-1700) : on analogical demonstration and the visualization of the invisible”, *The British Journal for the History of Science*, vol. 38, n° 2, 2005, p. 127-159.

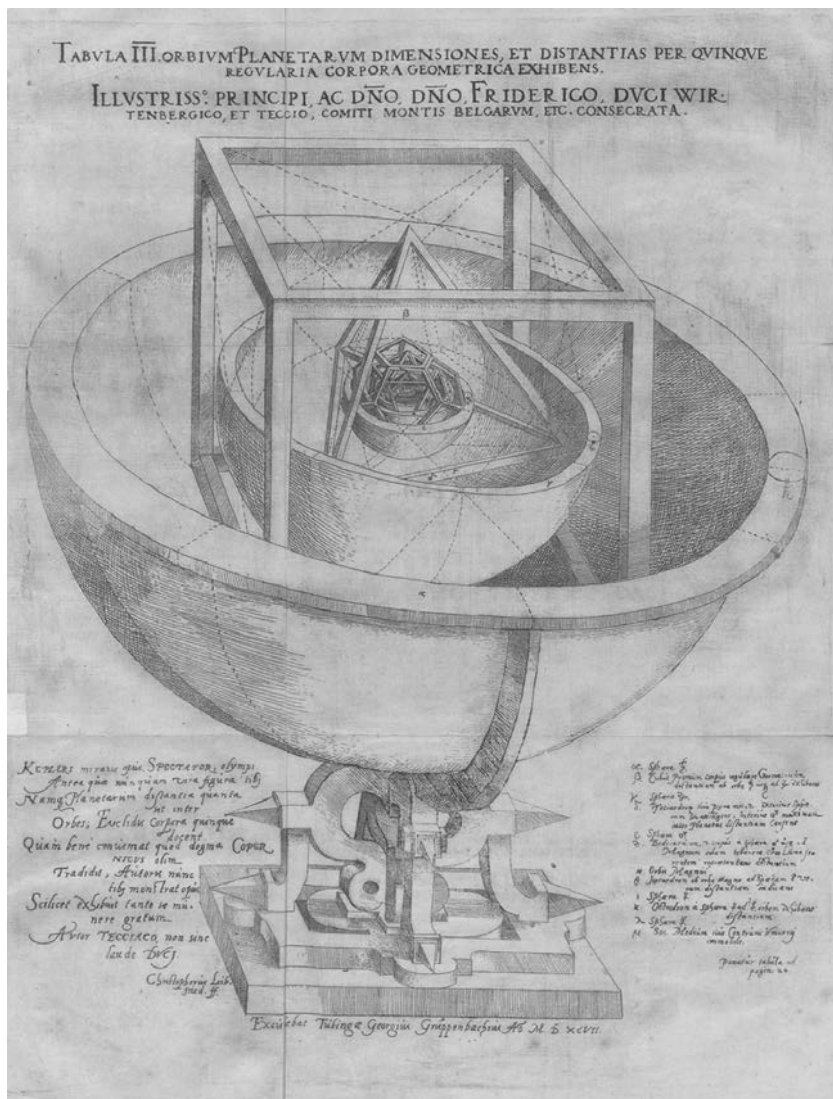


Fig. 1a. Représentation des analogies cosmiques.

a) Illustration par Kepler des solides de Platon représentant la structure du cosmos. Johannes KEPLER, Prodomus dissertationum cosmographicarum, continens mysterium cosmographicum, Tubingen: excudebat Georgius Gruppenbachius, 1596.

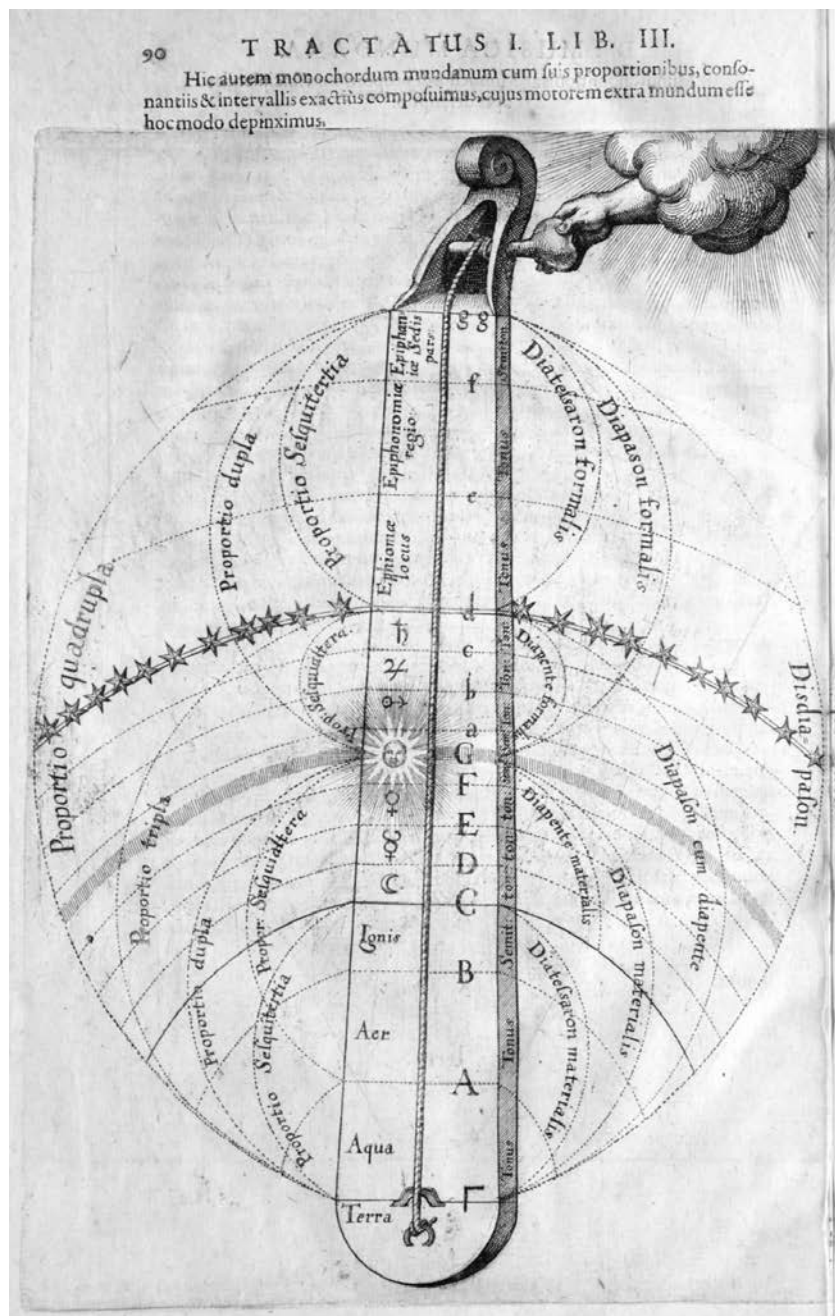


Fig. 1b. Représentation des analogies techniques.

b) Le monochorde de Fludd, instrument de musique représentant le cosmos. Robert FLUDD, *Utriusque Cosmi, Maioris scilicet et Minoris, Metaphysica, Physica, Atque Technica Historia*, Oppenheim : Johann Theodor de Bry, 1617, vol. 1, p. 90.

Seule une étude détaillée prenant en compte les différentes perspectives des acteurs historiques permet de comprendre l'analogie, ses usages et ses légitimités dans le passé. Il est ainsi important d'analyser la place des objets techniques comme les instruments de musique, les solides mathématiques, les horloges, les machines hydrauliques et les lanternes magiques dans la compréhension analogique du monde au sein de la pensée moderne.

L'analogie participe aussi de cosmologies hors d'Europe. Matthias Hayek, dans ce volume, montre que les liaisons analogiques entre différents niveaux de réalité jouent un rôle fondamental dans les manuels médicaux au Japon avant le XIX^e siècle. Le microcosme communique avec le macrocosme, à travers de nombreuses analogies, non sans ressemblance avec les théories médicales dans l'Europe moderne. Mais la cosmologie japonaise se distingue par les éléments structurants de son système complexe : la polarité entre les deux principes, le yin et le yang, et la prééminence des cinq éléments : bois, feu, terre, métal, eau. Ces comparaisons sont risquées car les terminologies et les concepts désignant l'analogie sont difficiles à traduire mais cela ne doit pas empêcher de comparer les manières concrètes de faire des liaisons et d'établir des proportions³⁹. Il est important d'interroger les catégories et les terminologies des acteurs, leur emploi ou non du mot analogie et le sens qui lui est donné, mais aussi les théories fondées sur des analogies et les analogies employées dans les raisonnements pratiques et les techniques concrètes. Sur ce dernier point, la réflexion peut être élargie aux périodes préhistoriques.

Imitation, invention et analogie : l'intelligence technique en question

Il est une autre notion qui intervient dans le transfert des techniques et qu'il convient d'aborder brièvement. Il s'agit de l'imitation qui – de même que la copie – se distingue de l'analogie en ce qu'elle

39. Geoffrey LLOYD, *Analogical Investigations. Historical and Cross-cultural Perspectives on Human Reasoning*, *op. cit.*

consiste à reproduire à l'identique. Mais le terme « imitation » comporte de nombreuses acceptions. En anthropologie, on distingue schématiquement deux attitudes différentes, spontanée ou au contraire délibérée. Un numéro de la revue *Terrain* consacré à ce thème donne de nombreux exemples et des analyses de l'un ou l'autre de ces comportements d'imitation en anthropologie⁴⁰. Dans le premier cas, il s'agit d'une compétence innée et d'un moyen de transmission de l'information qui n'est d'ailleurs pas propre au genre humain. Certains parlent dans ce cas d'« apprentissage par l'observation » (*observational learning*) pour désigner ces comportements animaux. En revanche, de récentes études de psychologie cognitive⁴¹ tendent à montrer que l'« imitation différée » (selon la terminologie de Piaget) – qui consiste à observer et à reproduire plus tard – est commune à tous les enfants, indépendamment de leur contexte culturel, et serait propre à l'homme. Elle n'a pas été observée chez les chimpanzés. Dans le second cas, les comportements et les pratiques imitatives (politiques, culturelles ou sociales) sont délibérés : on cherche à reproduire des gestes, des paroles, des apparences et des actions d'autres individus pris pour modèles. C'est un des principes de l'apprentissage et cela joue évidemment un grand rôle dans la transmission des techniques, même si, dans ce cas, l'imitation est voulue.

Parmi les auteurs plaçant l'imitation en tant que mécanisme de transmission culturelle au centre de leur théorie, Richard Dawkins a insisté sur les parallélismes entre transmission génétique et transmission culturelle en transposant la notion de gène égoïste, centrale dans l'évolution biologique, au même, dans l'évolution culturelle. Les traits culturels – les comportements acquis – se transmettraient ainsi de génération en génération par imitation. On trouve des idées semblables chez Dan Sperber⁴².

40. *Imitation et anthropologie*, *Terrain*, 44, 2005.

41. Mark NIELSEN et Keyan TOMASELLI, "Over-imitation in Kalahari Bushman: Children and the origins of human cultural cognition", *Psychological Science*, XXI (5), 2010, p. 729-736.

42. Richard DAWKINS, *Le gène égoïste*, Paris, Odile Jacob, 2003 [1976, *The Selfish Gene*, Oxford, UK Oxford University Press]; Dan SPERBER, *La contagion des idées*, Paris, Odile Jacob, 1996. On peut cependant se demander s'il faut parler d'une analogie

Si l'imitation est fondamentale pour comprendre la transmission des techniques et des savoir-faire, il faut la nuancer. Il est vrai qu'elle peut conduire à des comportements purement réflexes dans certains cas, en particulier lorsque l'apprentissage se fait très tôt, et elle peut alors déboucher sur un geste routinier stable et très résistant au changement. C'est ce que Dean Arnold⁴³ appelait l'« enracinement moteur ». Cela correspond au niveau 1 d'apprentissage défini par Gregory Bateson⁴⁴. L'ancrage d'une véritable habitude mentale ne peut être rompu que si un changement dans le contexte social, culturel ou technique oblige l'apprenti à opérer une correction, et donc un choix⁴⁵.

Mais si l'imitation était aussi rigoureuse – si l'objet ou la technique imités étaient toujours identiques à l'original – elle constituerait un frein à la nouveauté et ne permettrait aucune évolution. Or, à l'inverse, si l'imitation est un processus de reproduction du semblable impliquant la répétition d'un modèle, il peut arriver qu'elle engendre des innovations. L'histoire des techniques regorge de tels exemples. Ainsi, dans le cas de l'industrie textile, la diffusion de produits par la copie a débouché rapidement sur d'autres créations et innovations artistiques. La copie se fait alors inventive en fonction de différents critères : selon les goûts de la clientèle, selon des critères d'ordre économique, mais aussi selon les nécessités techniques propres à chaque type de fabrication textile. Copie et imitation peuvent être aussi bien une source de diffusion de modèles qu'une source de création. On n'est là guère loin

(le mot s'impose) entre deux domaines très différents de la réalité (la transmission des gènes et la transmission des traits culturels) ou simplement d'analogie entre la façon dont, dans l'état actuel de nos connaissances, nous conceptualisons les phénomènes à l'œuvre dans ces deux domaines. Pour une critique de cette analogie, voir Nicolas CLAIDIÈRE et Jean-Baptiste ANDRÉ, "The transmission of genes and culture: A questionable analogy", *Evolutionary Biology*, vol. 39, n° 1, 2012, p. 12-24.

43. Dean E. ARNOLD, "A model for the identification of non-local ceramic distribution. View from the present", dans Hilary HOWARD et Elaine MORRIS (dir.), *Production and Distribution. A Ceramic Viewpoint*, Oxford, BAR International Series 120, 1981, p. 31-44.

44. Gregory BATESON, *Vers une écologie de l'esprit*, T. I, Paris, Le Seuil, 1977 [1972, *Steps to an Ecology of Mind*, Chandler Publ. Co].

45. Bernard ANCORI, « Analogie, évolution scientifique et réseaux complexes », *Nouvelles perspectives en sciences sociales. Revue internationale de systémique complexe et d'études relationnelles*, vol. 1, n° 1, 2005, p. 9-61.

du processus de l'analogie. Bien sûr, il y a toujours une analogie en germe dans l'imitation ; lorsque l'enfant reproduit un geste de ses parents, il pose que la relation qu'il entretient avec sa main, ou son pied, etc. est analogue à la relation que son père entretient avec sa main, etc. On a donc bien un schéma du type : A (ma main) est à B (moi, bébé) comme C (la main de papa) est à D (papa). Mais cette analogie reste en germe, et n'entraîne que de la reproduction. Pour peu que le domaine dans lequel on transpose le geste imité ne soit pas vraiment le même que celui où s'accomplit le geste qu'on veut imiter, alors il peut se produire du nouveau, tout simplement parce que la reproduction à l'identique n'est plus possible.

Les études récentes montrent qu'en préhistoire, l'invention de nouveaux outils et de nouveaux gestes techniques semble résulter de procédés analogiques tels que des glissements opératoires – fusion de deux gestes déjà connus mais qu'on n'avait pas encore pensé à associer ; utilisation d'un geste déjà connu sur un nouveau matériau, utilisation d'un outil déjà connu en un geste réservé jusque-là à un autre outil, etc.⁴⁶. Dans ses recherches sur ce sujet, Sophie A. de Beaune a souligné que les aptitudes cognitives sous-tendant ces transferts analogiques étaient probablement présentes chez les premiers fabricants d'outils. Or, les plus anciens outils sont à ce jour datés d'il y a quelque 3,3 millions d'années⁴⁷. Cela signifierait que si l'homme semble aujourd'hui le seul primate supérieur apte à disposer de toutes les capacités cognitives que suppose le recours à l'analogie, certains de ses lointains ancêtres auraient eux aussi possédé ces capacités. Ce qui oblige pour le moins à nuancer les affirmations des préhistoriens et

46. Sophie A. de BEAUNE, *Pour une archéologie du geste. Broyer, moudre, piler, des premiers chasseurs aux premiers agriculteurs*, Paris, CNRS Éditions, 2000 ; id., *L'homme et l'outil. L'invention technique durant la Préhistoire*, Paris, CNRS Éditions, 2015 (1^{re} éd. 2008) ; id., "The invention of technology : Prehistory and cognition", *Current Anthropology*, 45 (2), 2004, p. 139-162 et « L'émergence des capacités cognitives chez l'homme », dans René TREUIL (dir.), *L'archéologie cognitive*, Paris, Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, 2011, partie I, p. 33-90.

47. Il est aujourd'hui difficile de savoir à quelle espèce exactement on peut attribuer les premiers outils : en tout cas à une espèce antérieure à l'apparition du genre *Homo*, si l'on en croit les dernières découvertes faites au Kenya (Sonia HARMAND *et al.* "3.3 million-year old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya", *Nature* 521, 2015, p. 310-315, doi:10.1038/nature14464).

des paléanthropologues qui considèrent que les premiers hominines n'étaient pas capables de se conformer à un modèle mental et qu'il ne peut y avoir d'intelligence sans langage⁴⁸ – étant entendu que l'apparition du langage est bien postérieure à l'invention des premiers outils.

Dans son chapitre, Sigrid Leysen montre que c'était déjà une ambition du psychologue Albert Michotte (1881-1965) de comprendre, à partir de ses découvertes sur l'Effet Outil comment les premiers hommes avaient conçu l'emploi d'outils : « L'homme avait bien dû, à un moment, identifier un outil comme outil avant que l'usage continu et le développement n'en deviennent possibles » – constat auquel les travaux de François Sigaut font directement écho⁴⁹. L'Effet Outil désigne l'effet perceptuel de voir quelque chose *comme* un outil, par la perception des analogies entre les structures qui caractérisent un mouvement comme fonctionnel, tel qu'un mouvement d'utilisation d'un outil. Cette perception analogique du mouvement peut engendrer une imitation des structures existant dans la nature et, par analogie, conduire à l'invention des nouveaux outils. De la même manière, l'homme peut percevoir des relations analogiques entre des outils, fonctions perceptuelles et cognitives à la base des classifications des outils, de la technologie, mais aussi des inventions des nouvelles techniques complexes. Au fond, l'imitation, comme l'analogie, conduit, par extension et transfert, à renouveler, ré-inventer les pratiques, qu'elles soient scientifiques ou techniques.

À ce stade, il convient de faire le lien avec la philosophie de l'invention intellectuelle, telle que l'explicitait Judith Schlanger dans un livre devenu classique. Pour la philosophe, « comprendre et redire », c'était déjà inventer⁵⁰. Elle invitait à considérer que la réflexion, même la plus banale, inscrite au cœur de la « compréhension du déjà-dit » et de la « redite du quasi-même » (« les deux bords du minimum

48. Kathleen R. GIBSON et Tim INGOLD (dir.), *Tools, Language and Cognition in Human Evolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 1993 ; Sue Taylor PARKER et Michael L. MCKINNEY, *Origins of Intelligence. The Evolution of Cognitive Development in Monkeys, Apes and Humans*, Baltimore, London, The Johns Hopkins University Press, 1999.

49. François SIGAUT, « Les outils et le corps », *Communications*, dossier *Corps et techniques*, n° 81, 2007, p. 9-30.

50. Judith SCHLANGER, *L'invention intellectuelle*, Paris, Fayard, 1983, p. 242.

inventif») était digne d'intérêt⁵¹. Elle conduisait à enquêter sur la banalité (au cœur de l'invention), sur la répétition, la pensée commune et partagée, les processus de reproduction, de transmission et d'apprentissage – en somme, sur l'invention comme acte relationnel et « communicable ».

Ces approches font écho aux travaux qui se sont développés depuis les années 1980 sur l'histoire de l'invention technique et qui entendaient se démarquer des mythologies héroïques du progrès et prendre la mesure des micro-inventions et de l'imitation⁵². La philosophe rejoignait les interrogations des historiens sur le sens du mot invention qui appelaient à en réviser tout caractère de nouveauté absolue. En effet, il nous faut une distanciation essentielle tant, dans les sociétés passées, le mot « invention » ne recouvrait pas la sémantique actuelle et participait du registre de l'imitation et de la répétition, ainsi que de la capacité à relier les faits, à construire des savoirs analogiques, c'est-à-dire, un art des rapports⁵³. L'article « imitation » de l'*Encyclopédie* est instructif : « l'imitation, c'est la représentation artificielle d'un objet. La nature aveugle n'imité point ; c'est l'art qui imite ». L'imitation est à l'origine de tous les arts. L'invention même et le progrès s'effectuent par l'imitation : « Ceux qui ont créé l'art, n'ont eu de modèle que la nature. Ceux qui l'ont perfectionné, n'ont été, à les juger à la rigueur, que les imitateurs des premiers⁵⁴. »

C'est surtout en Angleterre que le sujet a connu un large développement historiographique. Le lien entre l'imitation et l'invention a été analysé à la fois à partir de la définition de l'invention par les contemporains, ainsi la notion providentialiste de l'invention comme redé-

51. *Ibid.*, p. 243.

52. Nathan ROSENBERG, *Inside the Black Box. Technology and Economics*, Cambridge, CUP, 1982 ; Joel MOKYR, *The Lever of Riches. Technological Creativity and Economic Progress*, New York, Oxford University Press, 1990 ; Patrice FLICHY, *L'innovation technique. Récents développements en sciences sociales. Pour une nouvelle théorie de l'innovation*, Paris, La Découverte, 1995.

53. Liliane HILAIRE-PÉREZ, "Diderot's views on artists' and inventors' rights : invention, imitation and reputation", *British Journal for the History of Science*, 2002, vol. 35, p. 129-150.

54. Denis DIDEROT et Jean D'ALEMBERT, *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, par une société de gens de lettres*, Paris, Briasson, 1751-1765, 17 vols., art. « Imitation ».

couverte de la Création⁵⁵, et à travers les pratiques effectives de répliation et la culture de la copie développées par les entrepreneurs anglais. Les travaux de Maxine Berg sont ici déterminants⁵⁶ ; ils ont participé à un mouvement de fond, soudant ainsi une communauté d'historiens et de chercheurs en sciences sociales autour du questionnement de l'invention⁵⁷. Ces réflexions ont renouvelé l'histoire des savoirs techniques ; elles l'ont ouverte à celle des hybridations et des circulations ; elles ont vu dans l'invention une activité de synthèse, indissociable des réseaux d'échange, des collectifs, des modes de coordination et de la mémoire (conservée, perdue), tant l'invention conjugue la copie, le transfert analogique, la traduction, la substitution et les multiples ressources de l'assemblage et de la composition.

Ces pistes sont celles de la génération actuelle de chercheurs en histoire des techniques qui porte une attention grandissante aux processus d'intellection que recèle toute technique. C'est le sens de l'intérêt récent pour l'analogie et les techniques tel qu'il se manifeste dans ce volume. Bien que les auteurs croisent régulièrement le thème de l'invention, leur ambition est d'examiner la place accordée par les lettrés et les praticiens à cette figure de la pensée de synthèse, soit pour repenser les arts et réformer les savoirs, soit dans l'exercice de leur art, tant le transfert analogique fait partie des techniques communes et

55. Christine MACLEOD, *Inventing the Industrial Revolution. The English Patent System, 1660-1800*, Cambridge, CUP, 1988 (rééd. 2007) ; id., *Heroes of Invention. Technology, liberalism and British identity 1750-1914*, Cambridge, CUP, 2007.

56. Maxine BERG, *Luxury and Pleasure in Eighteenth-century Britain*, Oxford, Oxford University Press, 2005 ; id., "From imitation to invention : creating commodities in the eighteenth century", *Economic History Review*, 55-1, 2002, p. 1-30 ; Helen CLIFFORD, "Concepts of invention, identity and imitation in the London and provincial metal-working trades, 1750-1800", dans id. (dir.), *Eighteenth-century Markets and Manufactures in England and in France*, *Journal of Design History*, 12-3, 1999, p. 241-255 ; John STYLES, "Product innovation in early modern London", *Past and Present*, 168, 2000, p. 124-169.

57. David EDGERTON, « De l'innovation aux usages. Dix thèses éclectiques sur l'histoire des techniques », *Annales HSS*, 53^e année, 4-5, 1998, p. 815-837 ; Liliane HILAIRE-PÉREZ, Anne-François GARÇON (dir.), *Les chemins de la nouveauté. Innover, inventer au regard de l'histoire*, Paris, CTHS, 2003 ; Marie-Sophie CORCY, Christiane DEMEULENAERE-DOUYÈRE, Liliane HILAIRE-PÉREZ (dir.), *Les archives de l'invention. Écrits, objets et images de l'activité inventive des origines à nos jours*, Toulouse, CNRS, 2007 ; *Imitation et anthropologie*, op. cit., 2005.

partagées dans le monde artisanal, et pas seulement d'une méthode théorisée par les technologues⁵⁸.

L'histoire de l'intelligence technique constitue un acquis majeur de la recherche, alors que l'histoire de l'invention technique s'est longtemps réduite par le passé, à des causalités endogènes aux secteurs de production et à un déroulé linéaire des progrès de l'humanité (occidentale). Non seulement la thématique des savoirs techniques, des apprentissages, des transmissions et des choix s'est imposée dans l'historiographie, mais elle a signé le désir de réhabiliter l'étude des techniques, de lui redonner la noblesse d'une science – la technologie, tout en restituant la pensée que recèle tout acte, l'ingéniosité que matérialise tout outil, toute machine, irréductibles à leur seul usage⁵⁹. Une histoire de la pensée technique s'est ainsi développée, plongeant aussi ses racines dans la richesse des études de préhistoire, entre l'analyse des savoir-faire acquis par la « pratique attentive⁶⁰ » et l'étude des modes de transmission facilitant l'action par la maîtrise de l'anticipation⁶¹. La complexité de l'intelligence technique est apparue, et incite à concevoir l'action comme une arborescence de possibles, un procès continu de mémorisation, de rapprochement, de sélection, d'adaptation et de combinaison, en écho avec les études des philo-

58. Liliane HILAIRE-PÉREZ, *La pièce et le geste. Artisans, marchands et savoirs techniques à Londres au XVIII^e siècle*, Paris, Albin Michel, 2013.

59. Jacques GUILLERME, Jan SEBESTIK, « Les commencements de la technologie », *Thalès*, 1968, XII, p. 1-72, rééd., dans *Documents pour l'histoire des techniques*, 14, 2007, p. 49-122 ; Jacques GUILLERME, *L'art du projet. Histoire, technique, architecture*, textes réunis par Hélène Vérin et Valérie Nègre, Wavre, Mardaga, 2008 ; Gilbert SIMONDON, *Du mode d'existence des objets techniques*, op. cit. ; id., *L'invention dans les sciences et les techniques. Cours et conférences*, Paris, Seuil, 2005 ; id., *Imagination et invention (1965-1966)*, Paris, Éditions de la Transparence, 2008 ; François SIGAUT, « Haudricourt et la technologie », dans André-Georges HAUDRICOURT, *La technologie, science humaine. Recherche d'histoire et d'ethnologie des techniques*, Paris, MSH, 1987, p. 9-34 ; Hélène VÉRIN, *La gloire des ingénieurs. L'intelligence technique du XVI^e au XVIII^e siècle*, Paris, Albin Michel, 1993 ; Joost MERTENS, "Technology as a science of the industrial arts : Louis-Sébastien Lenormand (1757-1837) and the popularization of Technology", *History and Technology*, vol. 18, n° 3, 2002, p. 203-231.

60. Jacques PELEGRIN, « Les savoir-faire : une très longue histoire », *Terrain*, 16, 1991, p. 106-113 ; Sophie A. de BEAUNE, *Pour une archéologie du geste. Broyer, moudre, piler, des premiers chasseurs aux premiers agriculteurs*, Paris, CNRS Éditions, 2000.

61. André LEROI-GOURHAN, *Le geste et la parole, II – La mémoire et les rythmes* (1964), Paris, Albin Michel, 2004.

sophes et des cognitivistes spécialistes des pratiques⁶² – loin du paradigme dominant de la science appliquée⁶³. C'est donc l'étude des qualités de l'esprit, de la force de « l'engin » et des formes apprises de raisonnement pour résoudre les contraintes, parer à l'imprévu, concevoir et prévoir des agencements et des processus – en quelque sorte, inventer – qui a mobilisé ces chercheurs. À ce titre, l'ouvrage d'Hélène Vérin, sur les ingénieurs de l'Europe moderne, a constitué une étape cruciale en histoire des techniques : l'*ingenium*, le génie, la capacité à résoudre « l'universelle contrariété » étaient disséqués⁶⁴. Philosophe et historienne, l'auteure mettait en valeur la pensée de synthèse, comparative, analogique, substitutive et combinatoire que recèle l'invention conçue comme recherche de solutions. Des passerelles se sont peu à peu établies, entre histoire et sciences sociales, autour de ces figures de la pensée de synthèse et de leurs multiples expressions. L'un des thèmes de recherche centraux a été l'étude de la technologie, entendue comme science des intentions fabricatrices.

Analogie, technologie et science des arts

La pensée des rapports caractérise la philosophie du XVIII^e siècle. Pour mieux la comprendre, les articles « analogie » et « induction » dans

62. Pierre LIVET, *Qu'est-ce qu'une action?*, Paris, Vrin, 2005 (l'action naît d'une « genèse commune entre notre motricité et notre cognition (perception, imagination, affectivité et raisonnement) », p. 18) ; Stéphane HABER (dir.), *L'action en philosophie contemporaine*, Paris, Ellipses, 2004 ; Elisabeth PACHERIE, Joëlle PROUST (dir.), *La philosophie cognitive*, Paris, Ophrys/MSH, 2004. Sur l'étude de l'émergence des capacités cognitives chez l'homme, voir Sophie A. de BEAUNE, Frederick L. COOLIDGE, Thomas WYNN (dir.), *Cognitive Archaeology and Human Evolution*, New York, Cambridge, Cambridge University Press, 2009.

63. Jan SEBESTIK, « Les commencements de la technologie Postface/Préface ? », *Documents pour l'histoire des techniques*, 14, 2007, p. 123-133 ; Jean-Louis LE MOIGNE et Hélène VÉRIN, « Sur le processus d'autonomisation des sciences du génie », *De la technique à la technologie*, *Cahiers STS*, CNRS Éditions, 2, 1984, p. 42-55 ; Hélène VÉRIN, « La technologie : science autonome ou science intermédiaire », *Documents pour l'histoire des techniques*, 14, 2007, p. 134-143 ; Joost MERTENS, « Le déclin de la technologie générale : Léon Lalanne et l'ascendance de la science des machines », *Documents pour l'histoire des techniques*, n° 20, 2011, p. 107-117.

64. Hélène Vérin, *op. cit.*, 1993.

l'*Encyclopédie* sont instructifs. L'article « induction », écrit par Charles-Benjamin de Langes de Montmirail de Lubières, traite de l'analogie comme un raisonnement fondateur pour toutes les sciences. Il est remarquable que cet article renvoie à celui de l'« analogie » pour souligner que l'analogie y est traitée de façon restrictive, et qu'il est nécessaire d'en élargir la signification. Considérant que l'article « analogie » prend le mot dans le seul sens grammatical, il décide d'inclure une longue incursion sur l'analogie dans son article sur l'induction⁶⁵. On perçoit une trace des changements de la signification du mot analogie : si le sens grammatical est toujours important, dans l'usage ordinaire et même en logique, au XVIII^e siècle, on a commencé à confondre l'induction et l'analogie. Lubières définit l'analogie comme une induction incomplète, c'est-à-dire, un raisonnement inductif qui n'étudie pas tous les individus sans exception, mais « qui étend sa conclusion au-delà des principes, et qui d'un nombre d'exemples observés, conclut généralement pour toute l'espèce⁶⁶ ».

Pour Lubières, l'analogie est l'effet de notre désir pour « les propositions générales et universelles ». Même dans les sciences *a priori*, comme la logique, la métaphysique, la mathématique, la théologie naturelle et la morale, où l'induction est communément considérée comme insignifiante, l'analogie est louée comme outil heuristique. Dans les autres sciences et dans les arts, l'analogie est fondatrice. Elle est aussi naturelle : « l'esprit lui-même n'est qu'une heureuse facilité à remarquer les ressemblances, les rapports ». La pensée des Lumières conduit à définir l'intelligence comme une faculté à diviser, composer, comparer et agencer. Dans l'article « induction », la discussion de l'analogie n'est pas étendue jusqu'aux arts pratiques et mécaniques. Si la systématisation des arts et de l'invention technique n'est pas pensée explicitement en termes d'« analogie » par les auteurs du XVIII^e siècle, l'utilisation du raisonnement analogique est très répandue dans les écrits sur les arts de l'époque.

65. En fait, l'article « analogie » n'est pas limité au sens grammatical du terme. La première section traite de linguistique mais la seconde concerne l'analogie comme motif de raisonnement. Il est remarquable cependant que l'article souligne les limites et les pièges de l'analogie, plus que son importance pour les sciences, comme c'est le cas dans l'article « Induction ».

66. *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné, op. cit.*, art. « induction ».

En écho, l'esthétique est conçue au XVIII^e siècle comme un art des liaisons, un art des rapports entre le modèle et sa réplique, un art de la composition et du système, de Diderot à William Hogarth et à Adam Smith érigeant la « maîtrise de la disparité » en canon artistique⁶⁷. Pour Lubières, notre « goût naturel » pour l'analogie se découvre surtout dans tout ce qui nous plaît, c'est-à-dire, dans les beaux-arts comme l'architecture, la peinture, la sculpture et la musique. Les arts dont l'objet est de plaire ont toutes leurs règles fondées sur l'analogie.

Un jalon important dans ces analyses est l'essai de Diderot, *Histoire et secret de la peinture en cire* (1755), texte polémique où l'auteur des Salons vole au secours de Jean-Jacques Bachelier aux prises avec le comte de Caylus⁶⁸. Attentif aux techniques de l'art, à la matérialité des œuvres, Diderot prend parti dans la querelle entre les deux esthètes se prétendant inventeurs d'une peinture encaustique dérivée de celle des Anciens, consignée par Pline. Si la référence à l'Antiquité est source de légitimation, elle conduit aussi Diderot à souligner le rôle de la mémoire d'une part, et celui de la traduction – au sens le plus littéral – d'autre part, dans le processus d'invention. L'invention en partie liée avec la résurgence de savoirs antiques, perdus, est favorisée par la traduction de textes anciens, par les entreprises d'archéologie qui se développent au XVIII^e siècle et alimentent un intérêt pour les techniques oubliées⁶⁹. Mais Diderot, soucieux de défendre la publicisation des savoirs et des inventions, élargit le propos. L'invention est toujours

67. Adam SMITH, *On the Nature of that Imitation which takes Place in what are called the Imitative Arts*, édition posthume (1795), republié dans Patrick THIERRY (dir.), *Essais esthétiques*, « De la nature de l'imitation dans les arts que l'on appelle imitatifs », Paris, Vrin, 1997, p. 49-83. Cette conception fonctionnaliste de la beauté fait écho au principe de réduction analogique, comme le souligne Didier Deleule : « l'artifice du créateur, comme celui du technicien, du savant, du philosophe, effectue le système comme œuvre de l'art : une réduction de la diversité à certains principes d'intelligibilité qui ont pour mission de respecter l'hétérogénéité tout en surmontant [...] la difficulté inhérente à la disparité des objets considérés » (Didier DELEULE, « Préface. Adam Smith et la difficulté surmontée », dans Patrick THIERRY (dir.), *op. cit.*, 1997, p. 15-33, p. 31).

68. Liliane HILAIRE-PÉREZ, *op. cit.*, 2002.

69. Patrice BRET, « La Méditerranée médiatrice des techniques : regards et transferts croisés durant l'expédition d'Égypte (1798-1801) », dans Marie-Noëlle BOURGUET, Daniel NORDMAN, Vassilis PANAYATOPOULOS, Maroula SINARELLIS (dir.), *Enquêtes en Méditerranée. Les expéditions françaises d'Égypte, de Morée et d'Algérie*, Athènes, Institut de recherches néohelléniques/FNRS, 1999, p. 79-101.

le résultat de transpositions et de réticulations. Diderot montre que l'usage de la térébenthine est bien connu pour la fabrication des cotons imprimés, des papiers transparents mais aussi des cérats et que les deux peintres l'ont transposé à la place d'huile de lin pour mélanger les couleurs dans leur préparation. Prolongeant leur démarche, Diderot recommande d'autres transferts, l'usage de la peinture encaustique pour les panneaux d'ébénistes et pour la fabrication de similor.

C'est l'occasion pour Diderot d'exposer sa théorie de l'invention : inventer, c'est découvrir des « rapports utiles et ignorés » entre les arts, entre ceux-ci et le monde de la nature – des « liaisons » que les hommes sont trop éloignés les uns des autres pour pouvoir mettre à jour. Diderot formule le vœu que les artisans circulent d'un atelier à un autre, comparent les procédés et se prêtent un « mutuel secours ». Ils pourraient aussi travailler de concert, dans une académie, sous l'égide d'un « monarque artisan » :

« Combien de découvertes qui se touchent dans la nature et dans les arts, et que de grands intervalles séparent dans la durée et dans l'entendement ? Elles attendent quelque événement futile, comme la chute d'un bout de bougie dans un godet, la rencontre d'un passage de Pline pour éclore et faire dire aux sots : Quoi, ce n'est que cela ? Pour laisser moins d'ouvrage au hasard, il n'y aurait qu'à rapprocher les connaissances. Qu'importe que la nature ait mis tant de liaison entre les arts, si quelque grande institution n'en met pas davantage entre les différents artistes ? Rien ne devrait être plus commun, et rien cependant n'est plus rare que le passage d'un manoeuvre d'un atelier dans un autre. [...]. Quels secours mutuels les arts mécaniques ne se prêteront-ils donc pas, si jamais la volonté bienfaisante d'un monarque artisan les rassemble dans une académie ? Quelle immense quantité de rapports utiles et ignorés, qui se manifesteront à la fois et qu'on n'apercevra que lentement, par hasard et successivement, tant que les objets écartés les uns des autres ne seront point à portée d'être comparés, et que certains hommes qui... se sont rempli la tête de phénomènes et de faits, ne se trouveront point assis les uns à côté des autres, les coudes appuyés sur une même table, et dans le cas de deviser entre eux librement »⁷⁰.

L'enjeu épistémologique du transfert analogique va encore plus loin et contribuera à penser l'autonomie des arts et de leur théorisation, ainsi que leur réunion. Pour Diderot, si les sciences et les arts se doivent un « mutuel secours », les arts aussi, entre eux, doivent être

70. Denis DIDEROT *L'histoire et le secret de la peinture en cire*, 1755, s.l.n.d., in-12, 103 p., p. 67, dans *Œuvres complètes* (Paris, le Club français du Livre, 1969, vol. II, p. 782-824).

solidaires. Cette réunion des arts jusqu'alors séparés, cloisonnés en corps de métiers sous-tend les discours réformateurs et accompagne les mouvements d'émancipation des artisans⁷¹. L'usage de l'analogie, parce qu'elle impose de repenser l'organisation des métiers, participe d'un véritable projet politique dont Denis Diderot est l'un des promoteurs.

C'est dans ce contexte, si favorable à l'intelligence des rapports et à la réduction de la diversité en principes, que l'usage de l'analogie acquiert un rôle structurant dans la réforme naissante des savoirs techniques. L'analogie comme tendance à trouver l'unité dans la diversité sert à décloisonner les métiers et à laisser la place à un « espace de la technique » fondé sur la compréhension opératoire des fabrications⁷². Il s'agit aussi d'un espace public de la technique. Il se nourrit en Allemagne des enseignements caméralistes et se développe en technologie ou science des arts. Comme Christian Wolff, contemporain de la fondation de la première chaire de sciences camérales à Halle en Prusse, l'écrit déjà en 1728 : « La Technologie est donc la science des arts et des œuvres de l'art, ou, si l'on préfère, science des choses que les hommes produisent par le travail des organes du corps, principalement par les mains⁷³ ». Dans son chapitre, Joost Mertens montre que c'est pour les besoins de cette science nouvelle, enseignée aux futurs conseillers des cours allemands, à un moment où s'affirme l'économie politique en Europe, que l'usage de l'analogie va prendre toute sa place dans la pensée théorique de la technique.

En France, une série d'initiatives de mieux en mieux connues favorisent l'autonomie de la technique et l'émancipation des artisans, depuis les écoles de dessin où se forment des techniciens rompus à la copie et la transposition des motifs sur une pluralité de supports⁷⁴,

71. Liliane HILAIRE-PÉREZ et Catherine LANOË, « Pour une relecture de l'histoire des métiers : les savoirs des artisans en France au XVIII^e siècle », dans Vincent MILLIOT, Philippe MINARD, Michel PORRET (dir.), *La grande chevauchée. Faire de l'histoire avec Daniel Roche*, Genève, Droz, 2011, p. 334-358.

72. Hélène VÉRIN, *op. cit.*, 1993, chap. 7.

73. Jacques GUILLERME, Jan SEBESTIK, *op. cit.*, (1968) 2007, p. 72.

74. Audrey MILLET, « Les dessinateurs de Fabrique en France (XVIII^e-XIX^e siècle) », thèse de doctorat, universités Paris 8 et de Neuchâtel, 2015 ; Frédéric MORVAN-BECKER, « L'école gratuite de dessin de Rouen ou la formation des techniciens au XVIII^e siècle », thèse de doctorat, université Paris 8, 2010.

jusqu'aux sociétés savantes amateurs et aux spectacles techniques. Dans le Salon de la Correspondance, par exemple, Pahin de la Blancherie propose, en 1779, de faire « la démonstration gratuite d'un art à chaque assemblée » : « On pense que la communication qui se fera par ce moyen entre les artistes de différents genres, qui apprendront les opérations particulières à des arts qui tiennent les uns aux autres, tandis que les apprentissages et les privilèges des communautés en composent des classes séparées, produira des effets très heureux pour le progrès des arts...⁷⁵ ». Sous la Révolution, au Lycée des Arts de Charles-Emmanuel Gaillard-Desaudray, les cours offrent une « description générale des arts et métiers » et s'ouvrent à la « technologie » (enseignée par Hassenfratz, passeur de la technologie allemande), à « l'économie politique », à « l'économie rurale », à la médecine, aux beaux-arts et à la littérature. Desaudray entend « présenter une classification des sciences et des arts absolument différente⁷⁶ ». On pourrait citer Outre-Manche le succès de la Society of Arts (1754) qui initie le premier dépôt de machines public (1761), favorisant les comparaisons et les transferts analogiques, comme l'atteste la sophistication des machines agricoles mises sur le marché et inspirées de ces modèles⁷⁷.

Il faut prendre la mesure de la transformation qui s'opère à cette époque, même si la tendance est en germe depuis la Renaissance, à travers les recueils de réductions en art que Pascal Dubourg-Glatigny et Hélène Vérin considèrent déjà comme des technologies⁷⁸. En effet,

75. Liliane HILAIRE-PÉREZ, "Technology, curiosity and utility in France and in England in the XVIIIth century", dans Bernadette BENSUAUDE-VINCENT, Christine BLONDEL (dir.), *Science and Spectacle in the European Enlightenment*, Aldershot, Ashgate, 2008, p. 25-42.

76. Liliane HILAIRE-PÉREZ, « Des entreprises de quincaillerie aux institutions de la technologie : l'itinéraire de Charles-Emmanuel Gaillard-Desaudray (1740-1832) », dans Jean-François BELHOSTE, Serge BENOÎT, Serge CHASSAGNE, Philippe MIOCHE (dir.), *Autour de l'industrie, histoire et patrimoine. Mélanges offerts à Denis Woronoff*, Paris, CHEFF, 2004, p. 547-567.

77. Liliane HILAIRE-PÉREZ, « Une histoire comparée des patrimoines techniques. Collections et dépôts d'inventions en France et en Angleterre aux XVIII^e et XIX^e siècles », dans Christophe PROCHASSON *et alii* (dir.), *Faire des sciences sociales. Comparer*, Paris, EHESS, 2012, p. 159-189.

78. Pascal DUBOURG-GLATIGNY et Hélène VÉRIN (dir.), *Réduire en art. La technologie de la Renaissance aux Lumières*, Paris, MSH, 2008.

malgré ces premières tentatives de théorisation de l'action technique, fondées sur la force du raisonnement analogique, source de détermination des principes opératoires communs à des activités diverses, l'idéal d'application de la théorie à la pratique a dominé le champ de la réflexion sur les techniques. Cette approche favorise l'idée d'une science mixte et intermédiaire, portée par « un troisième homme qui réunirait en lui la science et l'art » comme le souhaitait paradoxalement Christian Wolff dans la préface à la traduction allemande de *L'Architecture hydraulique de Bélidor* (1740)⁷⁹. Cette perception médiane de la technologie, « entre sciences physiques et exercice des arts », participe de la recherche d'une légitimation politique et d'un compromis, dans le droit fil d'une idéologie de la concorde héritière du discours académique français⁸⁰. « Principe d'action pour ceux qui sont engagés dans la réorganisation des enseignements⁸¹ », l'idée d'un « mutuel secours » entre les sciences et les arts, véritable topos, court sous la plume des savants au XVIII^e siècle et sous la Révolution.

Ainsi, lorsque les caméralistes se lancent dans la théorisation de la science des arts en vertu d'un reclassement analogique des activités humaines, le raisonnement analogique est au cœur d'entreprises de classification savantes multiples, en Allemagne et au-delà. Joost Mertens a montré que Johann Beckmann, dont l'œuvre fonde la technologie, s'est nourri d'un ensemble de publications qui opèrent de tels reclassements. C'est le cas des Observations sur le commerce et les arts d'une partie de l'Europe, de l'Asie, de l'Afrique et même des Indes Orientales du négociant Jean-Claude Flachat, qui proposait en 1756, la collecte de savoirs textiles orientaux et leur transposition aux fabrications occidentales⁸². En 1806, dans l'*Entwurf der allgemeinen Technologie*, après une première tentative en 1777, Johan Beckmann entame un projet de recomposition des arts et métiers en vertu d'analogies fonctionnelles.

Pour le technologue, « Celui qui a étudié la diversité des arts et métiers, et qui s'est exercé à les embrasser d'un seul regard, remarque nécessairement que

79. Jacques GUILLERME, Jan SEBESTIK, *op. cit.*, 1968, 2007, p. 72.

80. Hélène VÉRIN, *op. cit.*, 2007, p. 139-140.

81. *Ibid.*

82. Liliane HILAIRE-PÉREZ, « Cultures techniques et pratiques de l'échange, entre Lyon et le Levant : inventions et réseaux au XVIII^e siècle », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, vol. 49-1, avril 2002, p. 89-114.

nombre de métiers, aussi différents que soient leurs matériaux et leurs produits, ont à exécuter diverses opérations en vue d'un seul but ; ou savent atteindre le même but de façons très différentes. Car, comme Geber l'a formulé : *multae sunt viae ad unum inventum et unum finem*. Le rabotage, technique du menuisier ; le polissage, technique du polisseur de glaces ; battre le livre, technique du relieur ; presser les toiles ; calandrer le linge ; toutes ces opérations, aussi différentes qu'elles paraissent et aussi différentes qu'elles soient en réalité, n'ont qu'un but, savoir le lissage des corps, même si bien des opérations réalisent plus d'un but à la fois, mais je ne veux pour l'instant pas encore m'attarder sur ce point⁸³. »

En cherchant les analogies entre les métiers, le technologue entend réduire la diversité des procédés à des principes, à un langage d'action, resserré sur des verbes qui définissent des opérations. Il rompt ainsi avec l'ordonnancement des métiers, fondé sur le travail des matières premières ou la nature des produits finis. Par le jeu des analogies fonctionnelles, les métiers sont réduits à des classes d'action. Comme l'explique Joost Mertens, la technologie, née des sciences camérales, a un but didactique et acquiert des visées pratiques : il s'agit d'améliorer les procédés en révélant les rapports entre les métiers, en incitant les fabricants à emprunter, transposer des solutions d'un domaine à un autre. Le technologue révèle aux artisans les « rapports ignorés » entre les arts comme Diderot l'y exhortait une génération plus tôt. Des philosophes des Lumières aux technologues, une même critique du cloisonnement des métiers affleure. En France, les promoteurs de la technologie sous la Révolution revendiquent sa mission civique, au service d'un espace public de la technique, hautement politisé. Pour Louis-Sébastien Lenormand, auteur du *Dictionnaire technologique*, la technologie est fille de la Révolution, du Serment du Jeu de Paume, de l'abolition des privilèges et des corps de métiers⁸⁴. Elle participe ainsi du processus de « désincorporation des métiers⁸⁵ ». Au-delà, c'est

83. Johann BECKMANN, *Projet de technologie générale* (1806), traduit de l'allemand par Joost Mertens, avec la collaboration de Guillaume Carnino et Jochen Hoock : Guillaume CARNINO, Liliane HILAIRE-PÉREZ, Jochen HOOK (dir.), *La technologie générale. Johann Beckmann Entwurf der allgemeinen Technologie / Projet de technologie générale (1806)*, Rennes, PUR, 2017.

84. Joost MERTENS, *op. cit.*, 2002.

85. Alain COTTEREAU, « La désincorporation des métiers et leur transformation en "publics intermédiaires" : Lyon et Elbeuf, 1790-1815 », dans Steven L. KAPLAN

l'émancipation des sujets dans la société de corps et d'ordres qui est en jeu. Le civisme de la technologie est revendiqué par Lenormand et il repose sur la substitution de savoirs opératoires, transversaux, aux identités de métiers.

L'analogie au-delà de la technologie

Si au XIX^e siècle, la science des ingénieurs ruine le projet de technologie générale, de la science des arts, et si s'affirme l'ère de la science appliquée⁸⁶, les ambitions des technologues continuent de guider les travaux de certains théoriciens. La vitalité du raisonnement analogique et la « conscience des liens intimes qui existent entre les différentes branches du savoir et de la technique » selon l'expression de Gottfried Semper, professeur en architecture à l'école polytechnique de Zurich, s'expriment pleinement dans l'architecture, comme l'analyse Estelle Thibault. Semper entend s'opposer à « la funeste séparation » de l'architecture et l'art de bâtir à un moment où la promotion des beaux-arts affaiblit le sens technique que l'on accordait alors aux arts⁸⁷. Semper regrette aussi la fragmentation de la littérature technique, perçoit l'importance de reformer l'enseignement dans les écoles polytechniques⁸⁸, et associe la technologie aux arts industriels, modernisés⁸⁹. Enfin, tout en critiquant les tendances à l'abstraction des technologues et des théoriciens des arts,

et Philippe MINARD (dir.), *La France, malade du corporatisme ? XVIII^e-XX^e siècles*, Paris, Belin, 2004, p. 97-145.

86. Guillaume CARNINO, *L'invention de la Science. La nouvelle religion de l'âge industriel*, Paris, Seuil, 2015 ; Joost MERTENS, « Le déclin de la technologie générale : Léon Lalanne et l'ascendance de la science des machines », *Documents pour l'histoire des techniques*, n° 20, 2011, p. 85-95.

87. Gottfried SEMPER, *Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten, oder Praktische Aesthetik. Ein Handbuch für Techniker, Künstler und Kunstfreunde, op. cit.*, 1878, p. XIII : « Das Konkurrenzwesen, wie es jetzt überall eingerissen ist, leistet dieser unseligen Trennung der Architektur als Kunst von der ausübenden Praxis den grössten Vorschub und ist (in seiner jetzt bestehenden Modalität wenigstens) eins der thätigsten Agentien des Verfalls. »

88. *Ibid.*, p. IX-XIV.

89. *Ibid.*, p. 109.

transformant les « analogies vivantes » en catégories mortes⁹⁰, il promeut un projet universalisant, un classement « de la diversité des industries d'art et des créations humaines, partant des techniques archaïques, en passant par les arts appliqués, jusqu'à l'architecture ». Alors que s'affirme l'universalisme dans les sciences de l'homme, la fécondité de l'analogie technique comme principe unifiant ressurgit, écho de la technologie générale. L'analogie pour Semper permet l'abandon des classifications « par matériau ou par civilisation » au profit des procédés de façonnage – comme chez Beckmann recomposant les métiers par opérations –, mais couplés aux propriétés des matériaux, aux objets réalisés et aux motifs déclinés. Les classements sont ouverts aux hybridations et aux transferts entre procédés, matières et motifs, tels les treillis de bambou, à la fois tissage et bois. Ces classifications expriment des logiques sophistiquées, plus complexes que les transferts fonctionnels de Beckmann ou de Diderot. Ils suggèrent finalement d'autres filiations, en filigrane, moins savantes mais plus inventives.

L'ambition encyclopédique de la technologie, le savoir sur le monde et la généalogie des objets – passés, présents – en vertu des schèmes classificatoires, est revivifiée à la fin du XIX^e siècle, dans le mouvement d'institutionnalisation des sciences de l'homme, à travers le musée des Antiquités nationales, le Musée de l'histoire du travail, les expositions d'ethnographie du Trocadéro, la muséification des galeries du Conservatoire des arts et métiers⁹¹. C'est le cas aussi du Musée de Marine au Louvre, dirigé par l'Amiral Pâris, marin explorateur en Extrême-Orient, collecteur d'embarcations, rédacteur de manuels techniques sur la vapeur. Sa technologie est à la fois nomenclature, science pour l'action, science pour tous et science de l'homme, censée « déduire quelques axiomes de l'étude des objets nautiques lointains

90. « La philosophie est à imputer mais aussi la mécanique, qui a réduit tous les arts techniques » : *ibid.*, p. XIII-XIX.

91. Nélia DIAS, *Le Musée d'Ethnographie du Trocadéro 1878-1907. Anthropologie et muséologie en France*, Paris, CNRS Éditions, 1991 ; Marie-Sophie CORCY, « La muséification des galeries du Conservatoire des arts et métiers : le cas de l'Exposition rétrospective du Travail et des Sciences anthropologiques à l'exposition universelle de 1889 », dans Christiane DEMEULENAERE-DOUYÈRE, Liliane HILAIRE-PÉREZ (dir.), *Les expositions universelles. Les identités à l'épreuve de la modernité*, Rennes, PUR, 2014, p. 59-76.

dans le temps et dans l'espace »⁹². Sa sensibilité visuelle, son goût de l'observation et du dessin nourrissent les capacités analogiques de ce « penseur praticien » qui fait du navire un fait total – technique, économique, social, esthétique, architectural, environnemental.

Même au sommet du développement de la technologie, à l'apogée de l'application des analogies dans les théories et classifications des arts, on ne trouve guère le mot analogie. Dans l'œuvre de Beckmann, les techniques ne sont pas encore explicitement analysées en termes d'« analogie », et l'analogie est utilisée mais pas conceptualisée et théorisée en soi. Dans les textes plus tardifs de la tradition technologique, le mot analogie joue un rôle plus important. Il est significatif que Semper, par exemple, ouvre l'introduction de sa grande œuvre sur le style dans les arts techniques avec une belle description de l'évolution des amas stellaires, qu'il trouve un « analogon approprié » de l'évolution des arts⁹³. Le mot analogie est utilisé partout dans ses textes, y compris pour promouvoir l'invention et pour créer des classifications technologiques. Chez le psychologue Albert Michotte, nous retrouvons aussi le concept d'analogie utilisé explicitement, comme le montre Sigrid Leyssen. Michotte, professeur dans une institution néo-thomiste, s'est inspiré de la signification scholastique du concept d'analogie, mais ses expériences le conduisent de plus, à classer les effets cinétiques par types, en rubriques (Lancement, Entraînement, Effet Outil, Dilatation, etc.), non sans réactualiser les classements opératoires de la technologie générale en termes d'analogie, à un moment où Marcel Mauss publie *Les techniques du corps*.

La vertu interdisciplinaire de l'analogie justifie en partie son succès durable dans différents domaines. Les analogiques expérimentales de Michotte sont censées aider la recherche en psychologie des techniques et perception de l'action et in fine, ouvrir sur des applications à d'autres champs – émotions, motricité. De telles ambitions de mise

92. Géraldine BARRON, « Entre tradition et innovation : itinéraire d'un marin, Edmond Pâris (1806-1893) », thèse de doctorat, université Paris Diderot – Paris 7, 2015, p. 546.

93. Gottfried SEMPER, *op. cit.*, 1878, p.v. : “Sie sind ein passendes Analogon für ähnliche Erscheinungen am Gesichtskreise der Kunstgeschichte, auf Zustände des Uebergangs einer Kunstwelt in das Gestaltlose und gleichzeitig auf die Phase sich vorbereitender Neugestaltung einer solchen hinweisen.”

en relation des sciences par le biais d'un schème analogique, opératoire, se répètent au XX^e siècle. Une génération plus tard, se déploient outre-Atlantique les espoirs mis dans la cybernétique de franchir les barrières disciplinaires par l'identification d'un mécanisme transverse⁹⁴. Aussi la TRIZ, comme méthode d'invention, recherche explicitement la pluridisciplinarité, propose de nouveaux termes et classifications pour lutter contre une inertie cognitive. Elle s'engage à classer les techniques par l'utilisation de l'analogie et peut être considérée comme une descendante de la technologie générale et spéciale. Actuellement, d'autres fronts sont ouverts comme l'atteste l'article d'Alexander Neuwahl et de Davide Russo dans ce volume, expliquant comment ils reconstruisent de manière virtuelle, à partir de la TRIZ, des artefacts passés, telles les grues de chantier du Dôme de Florence, sans disposer de sources écrites et en ne pouvant s'appuyer que sur une iconographie assez limitée. Leur approche fait partie d'une tendance nouvelle en histoire des techniques, et bien que cette méthode soit controversée, on peut estimer que les historiens ont intérêt à la développer quand elle permet d'enquêter sur des processus ou des artefacts⁹⁵. Cette manière de procéder fait de plus appel à une autre analogie : notre reconstruction (virtuelle ou non) doit être assez proche des pratiques ou des objets passés pour pouvoir les analyser. La base méthodologique d'une telle analogie n'a pas encore été développée en histoire des techniques, mais elle est très débattue dans l'archéologie expérimentale et en ethno-archéologie.

En archéologie, le concept d'analogie a retenu l'attention depuis les années 1960, notamment avec les travaux de Robert Ascher et Lewis Binford⁹⁶, même s'il a été critiqué à partir des années 1970, condui-

94. Ronan LE ROUX, « Le difficile essor des échanges transdisciplinaires en France. Réception et diffusion de l'approche cybernétique (1948-1970) », *Hermès, La Revue*, 2013/3, n° 67, p. 41-47 ; id., *Histoire de la cybernétique en France (1948-1970)*, Paris, Classiques Garnier, 2015.

95. Koen VERMEIR et Marie THÉBAUD-SORGER, « La reconstitution des sciences et des techniques », dans Liliane HILAIRE-PÉREZ, Fabien SIMON, Marie THÉBAUD-SORGER (dir.), *Un dialogue des savoirs. Les sciences et les techniques en Europe, XV^e-XVIII^e siècles*, Rennes, PUR, 2016, sous presse.

96. Robert ASCHER, "Analogy in archaeological interpretation", *Southwestern Journal of Anthropology*, vol. 17, n° 4, 1961, p. 317-325 ; Lewis Roberts BINFORD, "Smudge pits and hide smoking: the use of analogy in archaeological reasoning", *American*

sant Richard Gould à déclarer : « l'analogie est une idée dont le temps est passé⁹⁷ ». Largement pratiquée par les préhistoriens de la fin du XIX^e siècle et du début du XX^e siècle, une version caricaturale du raisonnement analogique est ce qu'on a appelé le « comparatisme ethnographique » : il consistait à rapprocher les peuples « primitifs » des populations préhistoriques, inférant d'un ou deux traits communs, la convergence de l'ensemble des autres éléments qu'ils soient d'ordre économique, religieux ou social. Cette analogie s'expliquait par le fait que les tenants de l'évolutionnisme culturel en particulier, à la suite de Darwin lui-même, considéraient ceux que l'on a longtemps appelés les « primitifs » comme des fossiles vivants de l'espèce humaine, voire des descendants directs de nos ancêtres préhistoriques, qui portaient témoignage dans le présent de ce que ceux-ci avaient jadis été⁹⁸. Le comparatisme ethnographique fut largement critiqué par la suite, en particulier par André Leroi-Gourhan. Si cette version exagérée de ce type de raisonnement, qui fait fi de la distance spatiale et chronologique, est certes condamnable, il faut reconnaître que certaines analogies peuvent parfois s'avérer fécondes, en particulier si l'on se cantonne strictement au domaine technique. Pour comprendre les techniques, les archéologues fonctionnent par analogie avec le présent. Les référentiels qu'ils utilisent sont issus de données ethnographiques ou de reconstitutions expérimentales. L'analogie ethnographique, fondée sur le rapprochement entre données archéologiques et témoins ethnographiques, est devenue classique. Elle part du principe que les actions sur la matière engendrent les mêmes effets, quels que soient le lieu et l'époque considérés. L'expérimentation quant à elle suit un protocole préétabli et est renouvelable, de la même manière qu'une

Antiquity, vol. 32, n° 1, 1967, p. 1-12 ; id., "Archaeological reasoning and smudge pits revisited", dans Lewis Roberts BINFORD et George Irving QUIMBY (dir.), *An Archaeological Perspective*, New York, Seminar Press, 1972, p. 52-58.

97. Richard GOULD, *Living Archaeology: New Studies in Archaeology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1980, p. x ; Alison WYLIE, "An analogy by any other name is just as analogical a commentary on the Gould-Watson dialogue", *Journal of Anthropological Archaeology*, vol. 1, n° 4, 1982, p. 382-401.

98. François HARTOG, « Entre les anciens et les modernes, les sauvages, ou de Claude Lévi-Strauss à Claude Lévi-Strauss », *Gradhiva*, 11, 1992, p. 23-51 ; Oscar MORO ABADIA, Manuel R. GONZALEZ MORALES, « L'analogie et la représentation de l'art primitif à la fin du XIX^e siècle », *L'Anthropologie*, vol. 109, n° 4, 2005, p. 703-721.

réaction chimique l'est en laboratoire dans des conditions fixées au préalable. L'objectif de l'archéologie expérimentale n'est pas de créer l'analogie d'un artefact, contrairement à la reconstitution muséale. Elle cherche à retrouver les pratiques et les gestes en testant différentes hypothèses techniques et en comparant le résultat obtenu avec les pièces archéologiques étudiées⁹⁹. L'expérimentation, comme l'ethno-archéologie, n'établit pas de preuves, mais permet de contrôler la vraisemblance de certaines hypothèses. Grâce à ces deux démarches complémentaires, il est possible de proposer des reconstitutions des différentes étapes techniques réalisées – les chaînes opératoires –, depuis l'obtention de la matière première jusqu'à l'abandon de l'objet, en passant par sa fabrication et son utilisation¹⁰⁰. Si nombre de ces analogies ont été critiquées, on reconnaît aujourd'hui que l'analogie est nécessaire à la discipline¹⁰¹, à condition de se limiter au domaine strictement matériel. C'est le seul moyen d'éviter le danger d'anachronisme. Il existe ainsi des points de contact entre archéologues, préhistoriens, historiens, philosophes et cognitivistes sur la définition, la valeur et la légitimité de l'analogie.

Les chercheurs ont ainsi développé des outils méthodologiques autour de l'analogie, inspirés par des analyses philosophiques et cognitives, élaborant des analogies formelles, proposant des analogies multiples, définissant des conditions de légitimité, etc.¹⁰² Cette évolution

99. Manuel DOMÍNGUEZ-RODRIGO, "Conceptual premises in experimental design and their bearing on the use of analogy: an example from experiments on cut marks", *World Archaeology*, vol. 40, n° 1, 2008, p. 67-82.

100. Steve WOLVERTON et R. Lee LYMAN, "Immanence and configuration in analogical reasoning", *North American Archaeologist*, vol. 21, 2000, p. 233-247. Sur les raisonnements en archéologie, voir Sophie A. de BEAUNE, *Qu'est-ce que la Préhistoire ?*, Paris, Gallimard, 2016, en particulier les chapitres III et IV ; id., "Reasoning processes in prehistoric art interpretation", dans Primitiva BUENO-RAMÍREZ et Paul G. BAHN (dir.), *Prehistoric Art as Prehistoric Culture. Studies in Honour of Rodrigo de Balbín Behrmann*, Oxford, Archaeopress Archaeology, 2015, p. 25-29.

101. Alison WYLIE, "The reaction against analogy", *Advances in Archaeological Method and Theory*, vol. 8, 1985, p. 63-111.

102. Stephen David SIEMENS, "Formal models of cultural analogy: Zande social transitions", *Journal of Quantitative Anthropology*, vol. 4, 1993, p. 123-141. Diane GIFFORD-GONZALEZ, "Bones are not enough: Analogues, knowledge, and interpretive strategies in zooarchaeology", *Journal of Anthropological Archaeology*, vol. 10, n° 3, 1991, p. 215-254.

de l'usage de l'analogie est en soi un sujet fascinant, et pourrait faire l'objet d'une étude historique.¹⁰³

Les vertus de l'analogie dans les techniques

Les analogies nous aident à représenter le monde, elles jouent un rôle clef dans l'invention technique et promeuvent des pratiques interdisciplinaires. Les contributions de ce volume suggèrent que ces fonctions vont souvent de pair. Matthias Hayek montre que l'invention de techniques de divination repose sur une représentation analogique du microcosme et du macrocosme. De même, nous avons vu que certains objets techniques ont été conçus comme des représentations analogiques de l'univers, ainsi le planétaire, le monocorde de Fludd ou des instruments d'optique de la période moderne¹⁰⁴. Les analogies sont intrinsèques à ces artefacts, qui comportent donc plusieurs niveaux de signification. Des artefacts peuvent incarner des analogies de différentes façons. De nombreux instruments de mesure opèrent selon des analogies, par exemple, comme le souligne l'expression « technique analogique » (par opposition avec « technique digitale »). Ces objets préservent les proportions entre le monde et ce qui est mesuré, enregistré ou représenté. Les ordinateurs analogiques conservent toutes les proportions dans leurs modèles, et en ce sens ils peuvent résoudre des problèmes complexes.

Le type d'analogie le plus étudié et très présent dans ce livre concerne les relations entre l'art et la nature, dont les racines sont aristotéliennes. Estelle Thibault montre que l'architecture imite, copie et représente la nature à travers des analogies formelles, mais aussi dans l'exploration d'analogies structurelles, opératoires et fonctionnelles. L'invention de nouvelles formes, structures, opérations et fonctions repose sur des représentations de la nature. Les transpositions organiques prennent tout leur sens dans le débat sur les formes et

103. David VAN REYBROUCK, *From Primitives to Primates. A History of Ethnographic and Primatological Analogies in the Study of Prehistory*, Leyde, Sidestone Press, 2012.

104. Koen VERMEIR, "The magic of the magic lantern (1660–1700): on analogical demonstration and the visualization of the invisible", *op. cit.* ; id., "Athanasius Kircher's Magical instruments: an essay on science, religion and applied metaphysics (1602-1680)", *Studies in History and Philosophy of Science*, n° 38, 2007, p. 363-400.

les fonctions et dans la recherche d'une généalogie des styles. Albert Michotte, étudié par Sigrid Leyssen, voyait même une analogie entre son analyse sur les structures de base en psychologie de la perception, la méthode comparative des biologistes et le travail des paléontologistes sur l'évolution de la morphologie animale. Marie Thébaud-Sorger explique que l'analogie biologique entre l'homme et l'oiseau a longtemps été une impasse pour la recherche sur le vol humain, mais les nouvelles recherches des fluides au XVIII^e siècle ont suscité des analogies originales entre les savoirs de l'eau et les savoirs de l'air qui, à leur tour, ont ouvert des nouvelles possibilités opératoires. La possibilité du vol humain ne devait plus être pensée comme l'imitation de l'oiseau par l'homme, mais devenait pensable de façon analogique comme un poisson dans l'air. Au-delà, l'analogie tisse des liens entre les sciences et les arts : « C'est donc un ensemble de savoirs connexes qui habitent des procédés inventifs contemporains et qui, de façon transversale, se trouvent reliés par une compréhension commune des techniques de capture et d'usage des fluides aériens. » Pareillement, Estelle Thibault explique dans son texte l'importance de l'imitation de la nature pour les architectes, comme l'extension de l'imitation en analogie.

Un autre cas illustre la place du vivant dans les analogies au XVIII^e siècle, celui décrit par Gianenrico Bernasconi, celui des xylothèques (du grec ancien ξύλον, bois etθήκη, armoire, caisse), formées d'échantillons de bois ayant la forme de livres. L'analogie ne semble que représentationnelle et non pas fonctionnelle : ce sont des analogies savantes entre la nature et le livre de la connaissance, entre l'encyclopédie et le savoir du monde – « le livre naturel ». Mais les aspects fonctionnels sont présents aussi. Si la culture curieuse des cabinets baroques n'est pas si éloignée, par le désir de totalité, le goût des particularités, l'intention de surprendre en révélant la Création, ces collections attestent la montée en puissance des classifications dans l'Allemagne du caméralisme, dans un but utilitaire, l'exploitation des ressources forestières. Les xylothèques « diffusent une vision technologique du savoir où la connaissance de la nature a une finalité utilitaire liée à la production et à la gestion administrative », sachant aussi que la forme du livre est celle qui permet les techniques bibliographiques (classification, standardisation, comparaison).

Mais si l'analogie joue un rôle central dans l'invention technique et scientifique, elle passe souvent inaperçue là où sa valeur est contestée. En

histoire de l'électricité, l'analogie devient un sujet important justement parce qu'elle est si contestée¹⁰⁵. Au XVIII^e siècle l'électricité met au jour de nombreux phénomènes nouveaux générés par des expériences pour lesquelles les savants ne disposaient pas de modèles pré-existants. Ils ont recouru à des analogies, telle l'hydraulique en vertu de laquelle l'électricité est un fluide, un « courant électrique », ou tel le magnétisme, une analogie très controversée à l'époque. Un expert réfute en 1784 cette analogie entre magnétisme et électricité¹⁰⁶, alors que l'*Encyclopaedia Britannica* prétend le contraire¹⁰⁷. Ceux qui acceptent cette analogie se divisent cependant sur le fait de savoir jusqu'à quel point on peut la mener. Tiberius Cavallo (1749-1809), par exemple, considère que l'on ne peut pas en déduire que l'électricité et le magnétisme sont des énergies de même nature¹⁰⁸, mais Charles-Augustin Coulomb (1736-1806) affirme que cette analogie permet de poser que les mêmes lois sont à l'œuvre dans les phénomènes magnétiques et électiques¹⁰⁹.

105. Pour des exemples sur l'électricité, voir Nahum KIPNIS, "Scientific analogies and their use in teaching: examples from the eighteenth-century electricity", *7th International History, Philosophy of Science and Science Teaching Conference Proceedings*, 2003, p. 436-445. Sur l'imagination dans les recherches sur l'électricité, voir Koen VERMEIR, "Electricity and Imagination: Post-romantic electrified experience and the gendered body", *Centaurus*, vol. 57, n° 3, 2015, p. 131-155. Pour les analogies dans d'autres domaines, voir Olivier DARRIGOL, *From c-Numbers To q-Numbers. The Classical Analogy in the History of Quantum Theory*, Berkeley, University of California Press, 1993.

106. J. H. VAN SWINDEN, « Premier mémoire sur l'analogie de l'électricité & du magnétisme », dans *Recueil de mémoires sur l'analogie de l'électricité et du magnétisme*, La Haye, les Libraires Associés, 1784, vol. 1, p. 6 : « Or, j'avoue, qu'après avoir examiné avec le plus grand soin tout ce qui a rapport à cette matière, j'ai été conduit à penser, qu'il n'y a aucune Analogie entre l'Électricité & le Magnétisme, ou que du moins s'il y en a, elle est très petite ».

107. "The analogies betwixt magnetism and electricity are so great" (*Encyclopaedia Britannica*, 1798, p. 434).

108. Tiberius CAVALLO, *A Treatise on Magnetism, in Theory and Practice, with Original Experiments*, London, Printed for th author, 1795, p. 127 : « Electricity and magnetism are two different powers of nature, which are quite distinct from each other; but, at the same time, there is a surprising analogy between them ».

109. Charles-Augustin COULOMB, « Second mémoire sur l'électricité et le magnétisme », *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, 1785, p. 578-638, p. 587 : « Le fluide magnétique, paroît avoir, si ce n'est par sa nature, au moins par cette propriété, de l'analogie avec le fluide électrique; & d'après cette analogie, l'on peut présumer que ces deux fluides agissent suivant les mêmes loix ? ».

De nombreux savants ont été sceptiques face aux analogies mais Joseph Priestley (1733-1804), aux avant-postes de la recherche sur l'électricité, estimait que « l'analogie est notre meilleure guide dans toutes les investigations philosophiques, et les découvertes, qui si elles ne sont pas faites par accident, ont été réalisées en vertu de ce principe¹¹⁰ ». Toutefois un critique de Priestley remettait même en cause les analogies habituelles entre organisme et artefact : « Il n'y a plus aucune analogie entre l'œuvre de l'art, comme une table ou une maison, et celle de la nature, comme un homme ou un arbre. C'est pourquoi on ne peut pas raisonner par analogie de l'art à la nature. Comme Hume, qui écrit que l'art vient du raisonnement et de l'intention, et la nature naît de la génération et de la croissance »¹¹¹.

La réponse classique à ces défis consiste à dire que l'analogie est un outil heuristique : qu'une analogie soit exacte ou non, elle peut encore être utile pour découvrir ou inventer, sans qu'elle puisse servir de justification. Par ailleurs les analogies sont souvent considérées comme justes et c'est en partie pour cette raison qu'elles inspirent des inventions. Les analogies entre l'air et l'eau, explique Marie Thébaud-Sorger, sont des analogies épistémiques, avant de devenir opératoires. De plus, lorsque des analogies sont fructueuses, elles sont considérées comme des représentations possibles du monde. Si une distinction existe pourtant entre le « contexte de la découverte » et le « contexte de justification », entre « heuristique » et « légitimation », les deux ne peuvent pas être facilement séparés, historiquement et conceptuellement¹¹². Comme Matthias Hayek le suggère, il existe souvent une relation complexe entre les analogies de justification élaborées par des théoriciens et les analogies opératoires des praticiens.

110. Joseph PRIESTLEY, *The History and Present State of Electricity*, New York, Johnson, 1769, vol. 1, p. 14 : « analogy is our best guide in all philosophical investigations; and all discoveries, which were not made by mere accident, have been made by the help of it ».

111. Matthew TURNER, *Answer to dr. [J.] Priestley's Letters to a philosophical unbeliever*, London, 1782, p. 33-34 : « Neither is there any analogy between the works of art, as a table or house, and of nature, as a man or tree. Therefore there can be no arguing from one to another by analogy. Hume observes that the former works are done by reason and design, and the latter by generation and vegetation ».

112. Jutta SCHICKORE et Friedrich STEINLE (dir.), *Revisiting Discovery and Justification. Historical and philosophical perspectives on the context distinction*, New York, Springer, 2006.

Elles sont souvent à la fois indépendantes et interdépendantes, ce qui explique l'existence des critiques réciproques et l'inefficacité de ces critiques. Les critiques des analogies par les théoriciens peuvent être rejetées à cause de leur manque de portée pratique, alors que les critiques par les praticiens peuvent être réfutées par leur manque de portée théorique. En conséquence, le système analogique du microcosme et du macrocosme examiné par Hayek a résisté aux critiques pendant des siècles.

Il est clair que l'analogie est un concept contesté et que son emploi a été controversé. Le fait de recourir explicitement à des analogies dépend de la valeur positive ou négative attribuée en contexte. L'usage même de l'analogie reflète des jugements de valeur. L'analogie est donc à analyser à différents niveaux : comme une catégorie des acteurs (descriptive et normative), ou comme une figure dans les textes, qu'ils soient théoriques, sur les sciences ou les techniques (les technologies), ou pratiques (manuels, livres de recettes). Ainsi se trouve posée la question des pratiques analogiques, qui intègrent nécessairement des raisonnements, des intuitions et des perceptions. C'est l'un des apports de l'histoire des techniques, de plus en plus soucieuse de restituer la complexité des pratiques, y compris dans le quotidien de l'atelier, nouvelle frontière de la recherche.

L'analogie dans l'atelier

Des travaux récents sur le XVIII^e siècle, montrent que les artisans n'ont pas attendu les technologues pour penser leurs métiers en termes opératoires¹¹³. Si la remise en cause des déterminismes institutionnels dans l'histoire des métiers est acquise¹¹⁴, il apparaît d'une part, que

113. Liliane HILAIRE-PÉREZ et Catherine LANOË, *op. cit.*, 2011 ; Catherine Lanoë, *La poudre et le fard. Une histoire des cosmétiques à Paris de la Renaissance au Lumières*, Seyssel, Champ Vallon 2008 ; Liliane HILAIRE-PÉREZ, *op. cit.*, 2013 ; Marie THÉBAUD-SORGER, *L'aérostation au temps des Lumières*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2009.

114. Philippe MINARD, « Les corporations en France au XVIII^e siècle : métiers et institutions », dans Steven L. KAPLAN et Philippe MINARD (dir.), *op. cit.*, 2004, p. 39-51.

les artisans jouent un rôle clef dans l'émergence d'un espace de la technique, et d'autre part que les brassages de compétences sont intensifiés à cette période. Sous l'effet de l'essor de la demande consumériste, les conditions de travail sont transformées (intensification technique, développement des marchés de l'outillage, allongement des circuits de sous-traitance, complexification des apprentissages), permettant de déployer des gammes infinies d'articles, de combiner les matériaux, d'en inventer de nouveaux – alliages, papier mâché – de transposer les procédés – laminage, estampage, impression –, de décliner des motifs et d'appliquer des revêtements les plus variés sur une infinité de supports (dorure, vernis, émail, étamage, laquage ou japanning qui fait fureur en Angleterre pour les meubles, la vaisselle, les carrosses, les bibelots...) ¹¹⁵.

Dans cette économie de la variété – et non des séries –, plusieurs formules existent qui conduisent des matières aux opérations, comme l'expriment les documents publicitaires, magnifiant les réseaux entre objets et faisant de l'analogie le code taxinomique marchand par excellence. Ce peut être la réplique d'un élément modulaire définissant par sa déclinaison un groupe d'objets. Ainsi, les tressages, produits courants dans l'artisanat, participent d'analogies transmatières et induisent un classement opératoire. Traditionnellement, les treillis proviennent de la tournerie sur matières végétales ou animales (bois, osier, corne, ivoire). À la fin du XVIII^e siècle à Londres, le tourneur-bimbelotier William Burrows vend une série d'articles déclinés à partir de la paille tressée : chapeaux de paille, tapis tressés, tamis et paniers – des objets hétéroclites que relie leur façonnage ¹¹⁶. De plus, le tressage est renouvelé par l'essor de la tréfilerie et donc par le grillage métallique. D'autres analogies s'en suivent qui ouvrent sur des reclassements de métiers. La difficulté de les ranger dans les taxinomies habituelles de métiers, telles des dictionnaires et de la littérature marchande, en est révélatrice. Ainsi les « tréfileurs et fabricants de cages d'oiseaux » listés dans un répertoire commercial en 1763 (*Bird-cage-makers and wire-workers*) : artisans ingénieux dont l'utilité est méconnue du public et qui pourtant ne fabriquent « pas seulement

115. Liliane HILAIRE-PÉREZ, *op. cit.*, 2013.

116. Victoria & Albert Museum : 95.H.38.H., E 2294-1987.

des Cages d'oiseaux, [...] mais [...] aussi les cribles pour les Grains, le Gravier, la Chaux, les Tamis de Laiton et de Fer, et toutes sortes de Fils curieux de Laiton pour Bibliothèques et Stores de Fenêtres, et des Moules pour les papetiers¹¹⁷ ». Dans le guide de Robert Campbell en 1747, le fabricant de cages d'oiseaux est classé dans le groupe extensif des tourneurs, travaillant tous types de matériaux, métalliques ou non et produisant des articles aussi variés que les tapis, les soufflets, les paniers, les lessiveuses, les baignoires mais aussi des toiles et des cribles pour les fermiers et tout autre article de fil de fer¹¹⁸. Des objets de curiosité à ceux d'utilité pratique, court le fil des transversalités opératoires et des reclassements trans-matières – un monde décloisonné et réticulaire, où les objets forment système. Aucune science ici, aucune théorisation des arts mais des capacités démultipliées à l'analogie, au transfert et à l'abstraction qui caractérisent l'intelligence technique du monde artisanal et marchand.

L'aérostation évoquée dans ce volume par Marie Thébaud-Sorger offre un autre exemple de la fertilité du raisonnement analogique chez les praticiens. Largement médiatisée, elle est portée par un réseau de savants, de manufacturiers et d'artisans, prompts à transférer des techniques issues de corps de métiers variés, couplées à des recherches savantes sur la chimie pneumatique. Loin d'être l'apanage d'académiciens, les vols de ballons mobilisent de multiples acteurs, représentatifs des inventeurs de l'Ancien Régime. L'analogie, sagacité de l'esprit qui signe l'inventeur, « met à portée de tous l'inventivité et souligne la force de l'imaginaire dans la pensée technique », comme le révèlent les participations nombreuses aux concours académiques sur ce thème et aux sollicitations d'annonceurs dans la presse, qui s'ouvrent aux sciences et aux techniques¹¹⁹.

D'autres sources, au plus près des pratiques, tels les inventaires après-décès, révèlent que l'analogie est une pratique d'atelier et que les

117. Thomas MORTIMER, *The Universal Director; or, the Nobleman and Gentleman's True Guide to the Masters and Professors of the Liberal and Polite Arts And Sciences...*, Londres, J. Coote, 1763, p. 3.

118. Robert CAMPBELL, *The London Tradesman* (1747), rééd. New York, R. David & Charles, 1969, p. 245.

119. Marie THÉBAUD-SORGER, *Une histoire des ballons. Invention, culture matérielle et imaginaire, 1783-1909*, Paris, Monum, 2010.

transversalités opératoires appartiennent à la culture technique artisanale. Catherine Lanoë en a fourni l'exemple à partir de l'étude des gantiers-parfumeurs à Paris au XVIII^e siècle¹²⁰. Afin de permettre l'augmentation de la production de la poudre et de répondre aux exigences de la consommation, ceux-ci procèdent à la mécanisation de l'opération de tamisage de la poudre. À partir des années 1740, des « bluteaux », selon le mot des notaires rédigeant les inventaires après-décès, équiperont leur boutique : il s'agit d'un coffre de bois dans lequel un mécanisme tournant est entouré d'une lanterne de soie contre laquelle est projeté l'amidon préalablement écrasé dans un moulin. Les gantiers-parfumeurs, inscrits dans des réseaux professionnels qui les portent à fréquenter des meuniers et des boulangers pour leur approvisionnement en matière première, ont identifié une analogie entre les opérations de blutage de la farine et celle de tamisage de la poudre et ont transposé une technique. L'étude des actes de la pratique – incluant les comptabilités artisanales – constitue un champ de recherche de premier plan pour une histoire renouvelée de l'intelligence technique, irréductible à toute théorisation et pour autant source d'abstraction.

Conclusion

Dans ce livre, des cognitivistes et des historiens analysent les aspects épistémiques, ontologiques et opératoires de l'analogie. L'analogie peut revêtir plusieurs significations, de nos jours et dans le passé. Son sens a évolué de celui de proportion mathématique et de technique grammaticale ou rhétorique à un mode de raisonnement, une perception et une intuition. Mais ces migrations ne laissent pas supposer la richesse des usages de l'analogie, notamment en histoire des techniques. Les objets techniques peuvent représenter des idées ou des croyances cosmogoniques par le moyen d'analogies. L'analogie peut être un outil d'imitation de la nature et jouer un rôle clef dans les processus de création technique. Elle peut aussi être à la source d'inventions techniques par le biais de glissements conceptuels, comme

120. Catherine LANOË, *op. cit.*, 2008, p. 208-212.

pour les plus anciens outillages préhistoriques. Elle rend aussi possibles les classifications techniques et constitue le fondement de la science des arts ou technologie. Sa valeur reste cependant contestée en raison de sa tendance paradoxale à inspirer et détourner, à montrer la vérité et induire en erreur.

Les approches cognitivistes et historiques sont différentes mais plusieurs points de convergence existent. Toutes se donnent pour objet de comprendre le raisonnement analogique, notamment les aspects heuristiques et les pouvoirs de l'analogie à produire des techniques et des idées nouvelles. Ce faisant, elles considèrent que l'analogie n'est pas seulement un raisonnement mais recouvre aussi des perceptions, des intuitions et des capacités opératoires. Les cognitivistes prennent les acteurs du passé comme cas d'étude et testent leurs théories de l'analogie¹²¹. Les historiens s'appuient à leur tour sur les travaux des cognitivistes quand ils tentent d'identifier différentes sortes de raisonnements analogiques dans le passé ou quand le manque de sources les oblige à mettre au point des méthodes de reconstitution. On ne peut échapper à la conclusion que tout savoir sur le passé est analogique car il se donne pour but de construire un pont avec le présent¹²². En somme, qu'il s'agisse des méthodes d'enquête ou de leur objet, l'interrogation sur l'acte (celui des historiens, celui des hommes du passé) est fondatrice d'une démarche où interfèrent sans cesse le présent et le passé, où l'héritage n'est jamais une « trace passive¹²³ ».

121. Dedre GENTNER, Sarah BREM, Ron FERGUSON, Philip WOLFF, Arthur B. MARKMAN et Ken FORBUS, "Analogy and creativity in the works of Johannes Kepler", dans Thomas B. WARD, Steven M. SMITH et Jyotsna VAID (dir.), *Creative thought: An investigation of conceptual structures and processes*, Washington D.C., American Psychological Association Books, 1997, p. 403-459; D. GENTNER et M. JEZIORSKI, *op. cit.*, 1993.

122. Luciano CANFORA, « Analogie et histoire », *History and Theory*, vol. 22, n° 1, 1983, p. 22-42; David Daniel M. GROSS, "Foucault's analogies, or how to be a historian of the present without being a presentist", *Clio: a Journal of Literature, History and the Philosophy of History*, vol. 31, December, 2007, p. 57-82.

123. Yves COHEN, « Conclusions. Passé / présent, ethnographie / histoire », dans Anne-Marie ARBORIO, Yves COHEN, Pierre FOURNIER, Nicolas HATZFELD, Cédric LOMBA, Séverin MULLER (dir.), *Observer le travail. Histoire, ethnographie, approches combinées*, Paris, La Découverte, 2008, p. 313-323, surtout p. 322.